

**DISEÑO DE SISTEMA QUE PERMITA MANTENER UN ESTÁNDAR DE TIEMPO
ENTRE BUSES CONSECUTIVOS DE UNA MISMA RUTA**

CARLOS DAVID GARZÓN GRACIA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SANTIAGO DE CALI
2009**

**DISEÑO DE SISTEMA QUE PERMITA MANTENER UN ESTÁNDAR DE TIEMPO
ENTRE BUSES CONSECUTIVOS DE UNA MISMA RUTA**

CARLOS DAVID GARZÓN GRACIA

**Tesis para optar al título de
Ingeniero Electrónico**

**Director
Fernando Arévalo
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SANTIAGO DE CALI
2009**

Nota de Aceptación

Trabajo aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Electrónico.

FARUK FONTHAL RICO
Jurado

JOHN JAIRO CABRERA
Jurado

Santiago de Cali, 11 de Junio de 2009

AGRADECIMIENTOS

Esta es la finalización de una de las etapas que determina el desarrollo personal, y las líneas de profundización en la evolución como profesional.

Es para mi un gran honor terminar los estudios y gozar de un título profesional, para el cual, tantas personas me apoyaron. Especiales gracias doy a mi familia; a mi mamá quien con su esfuerzo y dedicación por el trabajo, me demostró cuán importante era convertirme en quien soy hoy. A mi papá quien supo enseñarme que en la vida las cosas se consiguen con mérito propio, y luchando cada día sin dejarse desvanecer, a mi hermanito que me colaboró en actividades pequeñas que se convirtieron en la fuente de finalización de los grandes objetivos de este trabajo de grado.

Gracias también doy a mis profesores, quienes con sus enseñanzas, forjaron en mí una persona creativa, dedicada y que lucha por sus ideales.

A mi tutor Fernando Arévalo, quien me apoyo y supo guiar en el proceso a seguir para culminar con éxito esta etapa.

A quienes siempre creyeron en mí, y se convirtieron en mi fuente de inspiración, a ellos mil gracias.

Carlos David Garzón Gracia.

CONTENIDO

	pág.
GLOSARIO	12
RESUMEN	13
INTRODUCCIÓN	14
1. ANTECEDENTES	15
1.1 ANTECEDENTES NACIONALES	15
1.1.2 Software De Gestión De Conteo De Pasajeros Y De Rutas	15
1.2 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	16
2. OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GENERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3. JUSTIFICACIÓN	19
4. NATURALEZA DE LA PROBLEMÁTICA DEL TRANSPORTE URBANO	20
4.1 INTRODUCCIÓN	20
4.2 ARGUMENTOS DE LA PROBLEMÁTICA DEL TRANSPORTE URBANO	20
4.2.1 Fallas del transporte urbano actual	22
5. LEVANTAMIENTO DE REQUISITOS Y ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	25
5.1 BRAINSTORMING Y ESCENARIO	25

5.2 ENTREVISTAS	26
5.3 DISEÑO DE LA IDEA-SOLUCION A DESARROLLAR	26
6. TECNOLOGÍAS A UTILIZAR EN EL DISEÑO DEL DISPOSITIVO	28
6.1.2 Sistema de Posicionamiento Global (GPS)	28
6.1.3 RF vs GPS	29
6.2 TECNOLOGÍA SELECCIONADA	31
7. DISEÑO ARQUITECTURAL DEL SISTEMA	32
7.1 INTRODUCCIÓN	32
7.2 DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA ARQUITECTURAL	32
7.2.1 Adquisición de datos	33
7.2.2 Visualización	33
7.2.3 Comunicación	34
7.2.4 Procesador	35
8. DISEÑO LÓGICO DEL SISTEMA	39
8.1 INTRODUCCIÓN AL DISEÑO LÓGICO DEL SISTEMA	36
8.2 COMPONENTES LÓGICOS DEL SISTEMA	36
8.2.1 Explicación de la trama GPS	40
8.2.1.1 Trama GGA	40
8.2.1.2 Trama VTG	41
8.2.1.3 Trama ZDA	42
8.2.2 Referencias módulos GPS	43

8.3 DESCRIPCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA	44
8.3.1 Explicación gráfica del comportamiento del sistema	46
9. VALIDACIÓN DEL DISEÑO LÓGICO DEL SISTEMA	47
9.1 SELECCIÓN DE VARIABLES CRÍTICAS DEL SISTEMA	47
9.2 PLATAFORMA DE SIMULACIÓN	48
9.3 SIMULACIÓN DEL DISEÑO-SOLUCIÓN	48
9.3.1 Diagrama de bloques del sistema	48
9.3.2 Simulación	49
10. IMPLEMENTACIÓN	54
10.1 DIAGRAMA DE FLUJO SOLUCIÓN LÓGICA	54
10.2 CÓDIGO DE SOFTWARE DISEÑO SOLUCIÓN	59
10.3 DESCRIPCIÓN DEL MONTAJE HARDWARE	60
10.4 DESCRIPCIÓN DE LA PLATAFORMA SOFTWARE	63
10.4.1 Explicación de la Trama	65
10.4.2 Explicación del Funcionamiento del Software	66
10.5 VALIDACIÓN	66
11. CONCLUSIONES	67
12. RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	70

TABLA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Cuadro comparativo de la problemática	21
Figura 2. Diagrama arquitectural general del sistema	32
Figura 3. Diagrama subsistema de adquisición de Datos	33
Figura 4. Diagrama del subsistema de visualización	34
Figura 5. Diagrama del subsistema de comunicación	34
Figura 6. Diagrama de subsistema de procesador	35
Figura 7. Esquema del diseño	39
Figura 8. Diagrama de recorrido de ejemplo con captura de Puntos estratégicos	40
Figura 9. Diagrama de flujo de comportamiento del sistema	47
Figura 10. Diagrama de bloques del sistema	49
Figura 11. Resultado de simulación 1	50
Figura 12. Resultado de simulación 2	51
Figura 13. Resultado de simulación 3	52
Figura 14. Resultado de simulación 4	52
Figura 15. Resultado de simulación 5	53
Figura 16. Resultado de simulación 6	53
Figura 17. Rango de coordenadas del punto de control Universidad Autónoma de Occidente	56
Figura 18. Diagrama de Flujo de segregación de puntos de control	57

Figura 19. Rango de coordenadas del punto de control Clínica Valle del Lili	58
Figura 20. Rango de coordenadas del punto de control avenida Simón Bolívar con Carrera 70	59
Figura 21. Diagrama de flujo general de captura y transmisión de variables	60
Figura 22. Diagrama de conexión del sistema GPS con interfaz de comunicación serial	62
Figura 23. Montaje Hardware en plataforma de simulación.	63
Figura 24. Interfaz de Usuario	64
Figura 25. Opciones de Menú	65
Figura 26. Excepción de Dispositivo	65
Figura 27. Ventana de Trama de Prueba	66

TABLA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Entrevistas realizadas a los transportadores del gremio	73
Anexo B. Video Tesis.wmv	
Anexo C. Video.HTML	
Anexo D. LRTU V2.a	
Anexo E. Buses.bat	
Anexo F. LRTU V2.dsm	

GLOSARIO

ANTENA: extensión física de un dispositivo que recibe información del medio.

GPS: (Global Positioning System) Sistema de Posicionamiento Global. Sistema de posicionamiento satelital que por medio de un dispositivo con una antena brinda información de ubicación a un usuario.

LCD: (Liquid Crystal Display) Pantalla de Cristal Liquido utilizada para visualizar datos de un sistema.

MICROCONTROLADOR: circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, Memoria y Unidades de E/S.

NMEA 0183: (NMEA de forma abreviada) es una especificación combinada eléctrica y de datos entre aparatos electrónicos marinos y, también, más generalmente, receptores GPS.

El protocolo NMEA 0183 es un medio a través del cual los instrumentos marítimos y también la mayoría de los receptores GPS pueden comunicarse los unos con los otros. Ha sido definido, y está controlado, por la organización estadounidense National Marine Electronics Association.

RF: el término radiofrecuencia, también denominado espectro de radiofrecuencia o RF, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3 Hz y unos 300 GHz.

TRAMA: agrupación de datos entregados por un sistema.

RESUMEN

Este trabajo contiene las especificaciones y guía de diseño, para construir un dispositivo que colabore en el proceso de estandarización de tiempos en los recorridos de buses que correspondan a una misma ruta. El dispositivo tiene como objetivo principal, servir de ayuda para el proceso de organización de las empresas de transporte urbano de la ciudad, brindándoles a los usuarios mayor comodidad, seguridad y confiabilidad en el sistema.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el transporte público de la ciudad de Cali está sumergido en una variedad de fallas a nivel de prestación del servicio con las que se presenta un discontinuo y desorganizado flujo en sus rutas, incumplimiento en el recorrido establecido y la reducida automatización de sus procesos. Esto ha causado la “*guerra del centavo*” en la que diariamente viven los conductores y muestra la falta de herramientas que permitan monitorear y hacer cumplir lo establecido por las empresas de transporte público.

Por estos motivos son importantes los planes de mejoramiento continuo, para crear conciencia en las empresas prestadoras del servicio, realzando la necesidad de modernizar los procesos mediante el uso de tecnología que permita la toma de decisiones, con base en la información confiable, orientadas a garantizar la calidad en el servicio.

Este proyecto presenta el diseño de un sistema que permita mejorar la calidad del servicio en el transporte público por medio de información confiable que describa el recorrido de los buses.

Este sistema, tiene como función principal permitirles a las personas que manejan la distribución de los buses en la largada inicial mantener el tiempo estándar de recorrido durante el trayecto asignado, ayudando a las diferentes empresas de transporte de la ciudad a brindar un servicio más ágil, frecuente y eficiente a los usuarios.

1. ANTECEDENTES

1.1. ANTECEDENTES NACIONALES

1.1.1 Regisruta (Registel Ltda). Sistema electrónico de control de tiempo de los buses en las rutas, establecidas por las empresas. Este sistema permite la recolección de datos, más exactos a menores costos, generando ahorro, y mayores ingresos, adicionalmente trabaja con tecnología de radiofrecuencia RF; a continuación se listan los beneficios que posee este sistema:

- Equipo Modular: Solo o acoplado a otros equipos (disminuye costos).
- Control de paso sin detención del vehículo: cada kilometraje que desee el cliente, las 24 horas en los 365 días del año.
- Reemplazo de los controladores humanos: Mejora el control, disminuye costos operativos, menos gastos, mayores ingresos, mejor servicio.
- Información Real: Rápida, exacta y confiable, mejor presentación e interpretación de los datos.¹

1.1.2 Software de gestión de conteo de pasajeros y de rutas. Software aplicativo y administrativo de los datos obtenidos por REGISBUS y REGISRUTA. Además le permite tomar eficientemente las decisiones a las empresas.

- Módulo para el manejo estadístico de pasajeros en vehículos. REGISBUS.
- Módulo administrativo de datos entregados por los transmisores inalámbricos REGISRUTA
- Organiza la información amigablemente para agilizar la toma de decisiones con respecto a control de tiempos, total de pasajeros y control de rutas.
- Ahorra tiempo operativo, mejorando resultados de las empresas.²

Beneficios:

Estadísticas de pasajeros

- Estadísticas de pasajeros: Vuelta, Día, Total, Mes, Año.
- Reportes Gráficos
- Tiempo de Rutas

Beneficios de Acceso

- Visualización de datos en tiempo real a través de red interna (LAN).

¹ Regisruta [en línea], Cali.: Registel 2006. [Consultado el 4 de Octubre de 2008]. Disponible en Internet: www.registelcolombia.com.

² ISA [en línea]: Londres.: ITS 2006. [Consultado el 10 de Octubre de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.its.leeds.ac.uk/projects/isa/>

- Accesos de consulta y gestión de datos a través de interfaces con control de usuarios.
- Fácil accesos, interfaz amigable
- Exportación e importación de datos a través de archivos codificados.

Desventajas de Acceso

- Los datos y el procesamiento de los mismos, requiere de infraestructura computacional de alto costo que la empresa adquiriente también deberá pagar.
- La infraestructura, que incluye antenas para la localización por medio de tecnología RF requiere desplegar estaciones físicas a lo largo de las rutas de recorrido lo cual es costoso, además es absolutamente necesario, por este motivo la empresa deberá correr con los gastos incluidos en el proyecto.

1.2 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

1.2.1. Isa (Intelligent Speed Adaptation). El ayuntamiento de Londres comienza las pruebas de un sistema bautizado como Intelligent Speed Adaptation (ISA), que permitirá el control de la velocidad de los vehículos vía GPS. La combinación de un mapa digital de las calles de la ciudad, que incluye los datos de la velocidad permitida en cada área, y de un localizador en los vehículos, permitirá que los conductores sean avisados en el momento en que aceleran demasiado.

El dispositivo, que se coloca dentro de los vehículos, funciona localizando un automóvil dentro de un mapa (que a finales de 2007 estaba completado en un 40% y que se espera pueda descargarse gratuitamente de la página oficial del TfL) y combinando sus coordenadas con una base de registros en la que aparece la velocidad máxima autorizada en cada vía de circulación. Cuando el automóvil supera la velocidad máxima permitida en la zona, una emisión sonora o una vibración en el pedal del acelerador avisa al conductor de que debe frenar.³

Ventajas del Sistema

- Además de la reducción de accidentes, los dispositivos ISA pueden proporcionar otras ventajas nada desdeñables como la disminución en el consumo y en las emisiones contaminantes. Esta es una de las principales conclusiones del sistema SAM (Situation Adaptative Drive Train Managment) desarrollado por BMW

³ El Ayuntamiento de Londres quiere controlar la velocidad con GPS. [en línea]: Londres.: Transport for London 2007 [Consultado el 11 de Octubre de 2008]. Disponible en Internet: http://www.tendencias21.net/El-ayuntamiento-de-Londres-quiere-controlar-la-velocidad-con-GPS_a2000.html

y que demuestra un ahorro de combustible notable, mientras que el tiempo de viaje se ve incrementado muy ligeramente dada la menor velocidad media de los vehículos.

- Los usuarios del sistema ISA valoran positivamente este tipo de ayudas tecnológicas en situaciones de conducción difíciles como cuando la calzada ofrece una baja adherencia, con baja visibilidad, en puntos de transición de altas a bajas velocidades (curvas o salidas rápidas de autopistas), entre otras.
- La velocidad media disminuye ligeramente con el uso de los mencionados dispositivos, consiguiéndose una velocidad de circulación más homogénea.

Desventajas del Sistema

- En este momento sería imposible incurrir en costo por integración de infraestructura para formalizar limitaciones de velocidad dentro del recorrido de los medios de transporte que circulan en la ciudad, ya que dicha implementación tomaría bastante tiempo.
- Se encuentran dificultades en circunstancias puntuales tales como las incorporaciones o los cambios de carril en el caso de los sistemas ISA obligatorios (aquello que impiden superar el límite establecido). Esto provoca ciertos cambios en las conductas al volante de los conductores de vehículos con ISA para adaptarse a las nuevas exigencias y limitaciones que fija el sistema.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un sistema que permita mantener un estándar de tiempo entre buses consecutivos de una misma ruta.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Investigar las necesidades de la población de interés para determinar el impacto del proyecto.
- Extraer especificaciones acordes a los requerimientos obtenidos.
- Caracterizar las dinámicas de captura de datos y procesamiento del sistema solución.
- Profundizar en el conocimiento de la tecnología que va a servir como medio de comunicación y obtención de datos, para así utilizarla dentro del diseño a presentar.
- Realizar el diseño arquitectural del sistema, división de los bloques funcionales.
- Realizar el diseño lógico del sistema.
- Cohesionar el diseño arquitectural y lógico del sistema, para generar un diseño electrónico.

3. JUSTIFICACIÓN

La posibilidad de mejorar y normalizar la variación de los tiempos entre las rutas de transporte urbano, generará un impacto en la sociedad, que se verá reflejado en los sectores de transporte y económico. El sector transporte contribuyendo a la organización, ya que actualmente no cumple con los requerimientos necesarios para la satisfacción de las personas que a diario utilizan este sistema.

Con el diseño de este sistema se pretende monitorear la posición de los buses durante su trayecto en puntos estratégicos de la ciudad; facilitando así la recolección de los datos en el recorrido, necesarios para que las empresas transportadoras analicen la eficiencia y el cumplimiento del trayecto por parte de sus flotas.

La ventaja de este sistema, está enfocada en mejorar notablemente el desempeño y cumplimiento del recorrido de los buses que quedarán funcionando a la par con el MIO (Masivo Integrado de Occidente); tratando de nivelar los altos estándares de calidad de este sistema.

4. NATURALEZA DE LA PROBLEMÁTICA DEL TRANSPORTE URBANO

4.1 INTRODUCCIÓN

El transporte es una actividad que se presenta por ciertas necesidades de la población en áreas geográficas específicas, dichas necesidades son satisfechas por el conjunto de vías, vehículos y terminales existentes; estos elementos integrados comúnmente son llamados sistema de transporte urbano; este a su vez genera un macro sistema de flujo; constituido por viajes entre distintos orígenes y destinos, en diferentes medios de movilización. Lo anterior se observa, en una constante demanda de los usuarios por movilizarse a otros sitios, y una disputada oferta de las empresas prestadoras del servicio para poder satisfacer las necesidades de dichos usuarios.

Se ha podido determinar que los cambios en infraestructura vial debido al desarrollo del sistema de transporte masivo, han aumentado los conflictos en la manera en que se desarrollaba el sistema de transporte público, generando mayores contratiempos en recorridos habituales, incremento en la competencia vial entre distintas rutas congestionando así las vías por las cuales transitan.

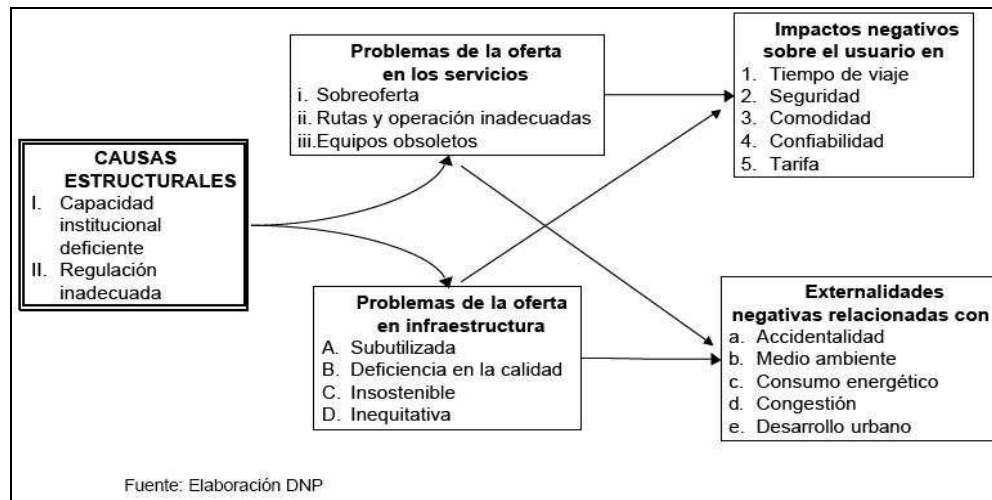
El problema radica en la falta de herramientas que brinden información confiable del recorrido de los buses, para tomar decisiones y hacer cumplir las normas establecidas por las empresas de transporte.

4.2 ARGUMENTOS DE LA PROBLEMÁTICA DEL TRANSPORTE URBANO

La solución que se pretende diseñar se fundamenta en una necesidad que se ha hecho visible en el diario vivir de los usuarios del transporte urbano. Para detectar esta problemática, fue necesario un análisis, dentro de este panorama utilizando como fuente principal la información de noticias y de las propias empresas de Transporte de la ciudad de Santiago de Cali.

El cuadro de la figura 1, muestra la síntesis de la problemática en la ciudad. Aunque el diseño que se pretende con este proyecto, no abarca toda la problemática, si se vio influenciado por la mayoría de esta, pues gestionar un mecanismo de control, empezaría la construcción de un camino en el cual estos problemas se vayan solucionando.

Figura 1. Cuadro comparativo de la problemática.



Fuente: Política para mejorar el servicio de transporte público urbano de pasajeros. [En línea]: Cali.: Departamento Nacional de Planeación 2002. [Consultado el 1 de Noviembre de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.cali.gov.co/publico2/gobierno/tmasivo/dnp.pdf>.

Como se planteó en el análisis del estudio referenciado anteriormente; la principal causa del colapso del sistema de transporte urbano es la mala estructura en la distribución vial dentro de la ciudad, junto a la ausencia de mecanismos de monitoreo que adquieran datos de ruta, y permitan realizar un estudio acerca del cumplimiento de las mismas por cada uno de los buses de transporte urbano.

Se puede entonces discriminar la raíz de este problema en estas principales causantes que afectan dicho servicio.

- **Problema de control en el servicio.** En la ciudad de Cali, los problemas de transporte son de diversas naturalezas, sin embargo este proyecto se enfoca, en el reducido control a las rutas, realizado por las empresas prestadoras de servicio de transporte urbano. Actualmente, los buses toman caminos alternos que no ayudan al cumplimiento de los tiempos de las rutas, esto genera inconformidades para los usuarios y las empresas en diferentes ámbitos, garantía de cumplimiento, reducción de ganancias, y falta de compromiso de los conductores.

Las consecuencias del problema comentado anteriormente generan impactos negativos no solo sobre los usuarios del transporte urbano sino sobre el entorno de los mismos, como se describe en la figura 1, relacionada anteriormente.

4.2.1 Fallas del transporte urbano actual. El diseño a desarrollar esta enfocado en la problemática del transporte urbano en la ciudad de Cali. Existen muchas opiniones que soportan esta situación, a continuación se presentan una serie de fundamentos extraídos de diversas fuentes:

El Transporte. El crecimiento demográfico acelerado en los centros urbanos ha incrementado la demanda de transporte masivo, cuya oferta no crece en la misma proporción. La infraestructura vial rígida, falta de coordinación interinstitucional y el deficiente dinamismo de la planeación hace que se tomen medidas correctivas, más que preventivas en materia de transporte.⁴

El tráfico y la movilidad, en términos de transporte, son la causa principal de los impactos negativos al ambiente urbano como la contaminación del aire, el ruido, el consumo excesivo de recursos, la ocupación extensiva del espacio, así como la mal administración de las actuales empresas prestadoras del servicio de transporte urbano en materia de distribución de rutas dentro de la ciudad.

El sistema de transporte de Santiago de Cali, está creando trastornos sociales, ambientales, de infraestructura, de tiempo y de cobertura haciendo que la ciudad se vuelva caótica, desordenada y contaminada.

Actualmente la ciudad de Cali, cuenta con muchas empresas de transporte urbano, que sumadas a los taxis, y el transporte informal que inundan la ciudad; especificando el sistema de transporte urbano, utiliza una tarifa de \$1500 por pase de transporte, adicionalmente cada uno de los buses cuenta con un número que lo identifica para que los controles, los cuales son personas ubicadas en sitios estratégicos de la ciudad, que llevan un conteo entre buses de la misma ruta le diga el tiempo de diferencia. Sin embargo, este sistema además de no ser confiable, se convierte en un motivo de competencia entre rutas que ponen en riesgo la integridad de los pasajeros. No existe una formalidad de control y es precisamente el diseño del proyecto que se pretende implementar.

⁴ El transporte [en línea]: Cali.: Edukativos 2006. [Consultado el 2 de Noviembre de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.edukativos.com/apuntes/archives/146>.

Sin embargo, se han realizado esfuerzos para mejorar el diagnóstico y planificación del sistema del transporte público desde 1991, en el estudio del Plan vial y de transporte de la ciudad. Dichos esfuerzos, no han cambiado sustancialmente el sistema de transporte público del municipio.

En este año 2009, en la ciudad de Cali, se ha implementado el sistema masivo de transporte, con el objetivo de mejorar la fluidez del servicio para los usuarios. Utilizando tecnologías avanzadas, que permiten un mejoramiento notable, con nuevos vehículos, mayores comodidades al usuario, mayor seguridad; abriendo las puertas a la exploración de sistemas complejos que en un futuro garanticen la solución al inconveniente de manera radical.

Lo descrito anteriormente, permite deducir que el actual sistema de transporte de la ciudad de Santiago de Cali no tiene un verdadero plan de manejo integral, que no sólo colabore en los problemas actuales de movilización, congestión vehicular y tiempos de viaje, sino que desarrolle las condiciones para operar un sistema de transporte sostenible que minimice los grandes problemas ambientales y de calidad de vida generados por el sistema actual.

Unas de las estadísticas verdaderamente importantes es que en Cali el 65% de los viajes motorizados se realiza en transporte público, es decir que sólo el 35% de los viajes que se hacen en transporte privado es cubierto por cerca del 80% del parque automotor.

El actual estado del parque automotor no muestra señales de mejorar en el corto plazo y ello es el resultado de la mala gestión y organización del gremio; la escasa regulación en esta materia permite que se generen mecanismos para eludir responsabilidades, trayendo como consecuencia que se retrasen las proyecciones de mejoramiento en la calidad de transporte.

Sin embargo, se ha podido ver que con la gestión en curso del sistema de transporte masivo, han de salir de circulación varios vehículos de transporte urbano por etapas para iniciar una regulación del parque automotor; pero es necesario implementar algún mecanismo que mejore la prestación del servicio que continuará circulando en la ciudad a la par del sistema de transporte masivo.

- **Transporte Urbano en la ciudad vs. MIO.** La estrecha relación entre el transporte urbano actual y el nuevo sistema MIO (Masivo Integrado de Occidente), ha generado muchas opiniones encontradas acerca del convencimiento entre

habitantes, en cuanto a ¿por qué es mejor el nuevo sistema de transporte?; debido a que se observan muchas situaciones desagradables. Son muchos los microempresarios que fueron afectados con este cambio, muchos de ellos ahora se encuentran en la ruina, sin embargo y para fines de lo que el proyecto compete, el MIO es un ejemplo de superación en una de las áreas más afectadas no solo de la ciudad sino del país; y debido a la sistematización, capacitación para los conductores y excelente automotores con los que cuenta este proyecto, se hace necesario aún más que los automotores que quedarán circulando a la par con este sistema, tengan un desempeño muy similar al mismo, que garantice una mejor distribución de las rutas, un buen desempeño de quien las ejecute, y un cumplimiento más rígido de normas de velocidad y de tránsito vial que ya se encuentran establecidas, pero que no se respetaban.

5. LEVANTAMIENTO DE REQUISITOS Y ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

El levantamiento de requisitos se realiza con el objetivo de obtener especificaciones de diseño que permitan elaborar un esquema del producto completo, útil, adaptable y mantenible.

Para el levantamiento de requisitos en un proceso de diseño se hace necesario, recurrir a técnicas de extracción de los mismos; para este caso específico se utilizó el brainstorming (lluvia de ideas), escenarios, y la entrevista realizada a una muestra de siete personas del gremio del transporte, estas personas fueron seleccionadas como representantes de las principales empresas de transporte urbano de la ciudad; Coomepal, Rio Cali, recreativo, Pance, Ermita, Montebello y una empresa bogotana Transvalvanera. Con lo anterior fue posible determinar el método de control y gestión de los tiempos en los recorridos.

El uso de cada una de estas técnicas, permitirá generar los requisitos pertinentes para el desarrollo del proceso de diseño.

5.1 BRAINSTORMING Y ESCENARIO

Se realizó una lluvia de ideas para la cual fue necesario analizar el estado del medio en el cual se incursionará el diseño a desarrollar, introduciendo de esta manera un escenario de análisis y observación. Con base a los análisis realizados se obtuvieron los siguientes requerimientos:

- Construir un método organizacional para la ruta de transporte urbano.
- Garantizar una buena circulación del transporte público en la ciudad.
- Brindar información acertada de los tiempos de recorrido de buses de transporte urbano a los controles.
- Estandarizar los tiempos de duración de las rutas de los buses de transporte urbano.
- Estandarizar una velocidad de recorrido segura para garantizar el bienestar de los pasajeros.
- Brindar una distribución espacial y temporal de los buses, más eficiente para los usuarios del transporte urbano.
- Disminuir las competencias entre las rutas de diferentes empresas que ejecutan un mismo recorrido.

5.2 ENTREVISTAS

Para realizar un complemento de los requerimientos levantados por el procedimiento de la lluvia de ideas, y para cimentar otros que se podrían perfilar de gran importancia para el desarrollo del proyecto. Los requisitos obtenidos por este medio fueron:

- Reducir los tiempos de los recorridos de los buses pertenecientes a una misma ruta y de una misma empresa.
- Estandarizar el tiempo de inicio de las rutas, para brindar un mejor servicio.
- Generar un número concreto de recorridos por día, para cada ruta.
- Realizar un cálculo más certero de las producciones diarias, acorde con los recorridos ya concretados.
- Diseñar un dispositivo, que colabore en la captura de datos para la ejecución del recorrido.
- Implementar la tecnología necesaria para estandarizar los recorridos de los buses de transporte urbano y la captación de datos.
- Mejorar la gestión administrativa respecto a la distribución de recorrido de los buses de transporte urbano.
- El dispositivo electrónico debe tener un diseño discreto y portable.

5.3 DISEÑO DE LA IDEA-SOLUCION A DESARROLLAR

De acuerdo a la problemática del sistema de transporte público que se presenta actualmente en la ciudad de Cali, se ha generado como solución parcial un sistema que identifica, analiza y filtra la información obtenida de un sistema de adquisición de información, que toma datos del recorrido de los buses pertenecientes a las principales líneas de transporte público de la ciudad, que a su vez sirva como plataforma para estandarizar el tiempo entre buses consecutivos de una misma ruta.

La información requerida para capturar durante el recorrido esencialmente es el conjunto de puntos geográficos por los cuales deberían transitar dichos automotores, junto a la fecha y hora en la que dicho automotor transitó por el punto de control durante su recorrido y adicionalmente la velocidad en ese instante. Esta información le permite a las empresas de transporte poder cerciorarse que la ruta se cumple con los requisitos mínimos.

El sistema tiene dentro de su diseño parámetros de acuerdo a las variables descritas anteriormente, y además se consideró la portabilidad, economía, adaptabilidad y confiabilidad.

El parámetro portable del diseño se basa en permitir su implementación en un ambiente con poco espacio, como lo es el interior de los buses, además de esto las características del mismo, deben dar la posibilidad de que este se pueda transportar con facilidad, sin exponer su funcionamiento o la durabilidad de alguno de sus componentes. Esta particularidad dará ventaja al sistema en cuanto a instalación y mantenimiento.

Debido a su diseño compacto hace que sea bastante económico dentro de un completo dispositivo modular. Además de que los componentes electrónicos son de fácil adquisición disminuyendo así el costo de compra por cada uno de los mismos.

Gracias a que su implementación es sencilla, hace que sea adaptable a cualquier modelo de autobús que circule actualmente dentro del sistema de transporte urbano, además de esto su diseño permite la reestructuración del mismo, para mejorar la implementación y los componentes del dispositivo, lo que asegura un mantenimiento preventivo del sistema, que permite realizar mejoras al sistema en un futuro dependiendo de los requerimientos que el cliente desee agregar.

Los datos que serán capturados provienen de una fuente de información confiable y robusta, esto permite que la forma de entregar los datos sea segura, pues la información es almacenada sin perder rastro de los datos obtenidos durante el recorrido, aun cuando el autobús presente fallas mecánicas.

Como se mencionó anteriormente el sistema requiere que el diseño sea modular, pues de esta manera el mantenimiento y la adaptabilidad del dispositivo aumentan notablemente, puesto que se realizan análisis directamente a los componentes afectados, resultando este soporte más económico y de respuesta rápida al usuario.

La idea presentada, solo pretende ser un bosquejo de las especificaciones que se tendrán en cuenta en el diseño general, sin embargo en un capítulo posterior se profundizará tanto en el diseño lógico, como en la arquitectura del dispositivo.

6. TECNOLOGIAS A UTILIZAR EN EL DISEÑO DEL DISPOSITIVO

6.1 INTRODUCCION

Teniendo en cuenta las alternativas disponibles para definir tramos de captura, comparación y almacenamiento de datos de un vehículo de manera remota se presentan dos opciones básicas de manejo de la información; RF (Radiofrecuencia) y GPS (Sistema de Posicionamiento Global) ; respecto a estas se muestra ventajas y desventajas para así definir la tecnología en la cual se fundamentará el sistema de adquisición de datos necesario para el desarrollo del diseño.

6.1.1 Radio Frecuencia (RF). El termino radio frecuencia se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3Hz y unos 300GHz. Las ondas electromagnéticas de esta región del espectro se pueden transmitir aplicando la corriente alterna originada en un generador a una antena.

Estas ondas se desplazan a la velocidad de la luz y sin necesidad de un medio material. Los conectores eléctricos diseñados para trabajar con frecuencias de radio se conocen como conectores RF.

En el caso del proyecto a desarrollar, se necesita transmisores RF distribuidos equitativamente a lo largo del recorrido de la ruta designada para lograr una ubicación por antenas fijas monitoreando la posición relativa del mismo, junto con la estampa de tiempo relativa a la posición.

6.1.2 Sistema de Posicionamiento Global (GPS). El sistema de posicionamiento global mediante satélites (GPS: Global Positioning System) supone uno de los más importantes avances tecnológicos de las últimas décadas. Diseñado inicialmente como herramienta militar para la estimación precisa de posición, velocidad y tiempo, se ha utilizado también en múltiples aplicaciones civiles.

Por razones de seguridad, las señales GPS generadas para uso civil se someten a una degradación deliberada, al tiempo que su emisión se restringe a una determinada frecuencia. A pesar de ello, las aplicaciones civiles siguen proliferando a un ritmo exponencial gracias a la incorporación de las técnicas diferenciales (DGPS).

El crecimiento de las aplicaciones tecnológicas que incluyen sistemas de posicionamiento global, han logrado un impacto muy grande en casi cualquier entorno de producción y prestación de servicio, puesto que han solucionado problemas de alta importancia en el orden civil y militar.

La mayoría de los dispositivos GPS son embebidos en sistemas con macro funciones específicas desde la simple orientación en un punto determinado de la superficie terrestre, hasta el ofrecer guías de armamento militar de última tecnología.

Sin embargo existen dispositivos OEM (abreviatura del inglés Original Equipment Manufacturer, en español sería Fabricante de Equipos Originales) que discrimina dichos equipos en aplicaciones educativas para entender el funcionamiento descriptivo del dispositivo, a la vez de poder realizar proyectos de desarrollo con el mismo.

Un receptor GPS recibe señales de radio de 24 distintos satélites orbitando la Tierra. Si el receptor puede recibir por lo menos una señal de tres satélites al mismo tiempo, por consiguiente podría calcular su propia posición con una precisión, aproximadamente de pocos pies usualmente. En este momento la información recibida debe ser transferida a la estación de base central para poder así ser desplegada en un mapa computarizado. La transferencia puede ser llevada a cabo de distintas maneras:

- Enviar la información a través del canal de información que utilizan las líneas telefónicas celulares.
- Enviar la información a través de una conexión celular con disco marcador,
- Enviar la información como mensaje usando un Servicio de Mensajes Cortos (Short-Message-Service SMS).
- Enviar la información sobre una conexión usando comunicación satelital o finalmente a través de un sistema analógico local o radio digital.

6.1.3 RF vs GPS. Enfrentar dos tecnologías que en muchos de los campos actuales son aplicadas para obtener resultados similares es complejo; sin embargo, este compendio de características, se torna relevante en el momento de realizar una selección de este tipo.

Para diseñar un sistema establecido con el propósito del control de una flota de vehículos o de control y manipulación de datos en general, el sistema GPS es la

solución más apropiada, esto debido a que este se caracteriza por proveer una posición precisa, capacidad de rastrear simultáneamente una cantidad numerosa de vehículos, entrega directa de información a computadora, visualización inmediatamente de la posición exacta del vehículo, dirección en la cual se encuentra viajando, la velocidad del mismo; entre otras características de alta importancia. Algunas de las desventajas de este sistema es que el dispositivo GPS es un poco más costoso que los dispositivos RF; requiere bastante tiempo para su instalación y necesita de la instalación de una antena tipo GPS con visibilidad del cielo, sin embargo para los sistemas en los cuales esta tecnología es óptima, también es de baja importancia estas desventajas.

Por el contrario, si el sistema que se va a diseñar requiere también poder recuperar los vehículos robados, el dispositivo de rastreo a frecuencia de radio es la tecnología más apropiada. Existen muchas ventajas y razones contundentes que explican esto. Primero, el número de vehículos rastreados al mismo tiempo es limitado, lo cual significa que la capacidad de rastreo no se encuentra en discusión. El dispositivo de rastreo a frecuencia de radio es económico y fácil de instalar, lo cual le permite implementarse de manera más extensiva y con una penetración en el mercado más profunda de la que hubiera podido ser obtenida de haber usado un sistema tan costoso como el GPS.

Además, el dispositivo puede ser oculto en distintos lugares dentro del vehículo sin requerir una antena visible, lo cual evita prevenir a los ladrones de vehículos de su presencia. Es importante resaltar que los sistemas de rastreo a frecuencia de radio pueden depender de su propia infraestructura cuyo resultado hace que las ganancias no tengan que ser compartidas con agencias externas como por ejemplo compañías de teléfonos. Con índole a nivel técnico es inevitable recalcar que los sistemas de rastreo de vehículos robados a frecuencia de radio son dignos de alta confianza ya que las señales de radio son típicamente potentes y capaces de penetrar objetos de alta capacidad obstructiva como edificios, garajes, y hasta contenedores de carga lo cual permite que los vehículos sean recuperados de lugares donde el uso de un sistema tipo GPS hubiera sido incapaz de penetrar, o con resultados de baja confiabilidad.

Se debe resaltar que la solución inicialmente es local, es decir, el sistema estará en el bus y por medio de la señal GPS y de los puntos estratégicos a monitorear, se realizará la captura de la información requerida para futuras referencias que el cliente pueda solicitar.

La disposición de dispositivos de transmisión y recepción que utiliza la radiofrecuencia es muy costosa, pues requiere de la instalación de una cantidad

considerable de antenas (distribuidas espacialmente a lo largo de cada una de las rutas) para que el sistema funcione de manera adecuada y arroje los datos requeridos para el análisis, además de dispositivos complementarios que estén monitoreando la velocidad del vehículo y adecuar dicha información para ser capturada de manera local, ya que el sistema de antenas RF no es capaz de adquirir dicha información. A diferencia de esto, el GPS entrega mayor cantidad de datos de fácil procesamiento. Por consecuencia, en este tipo de proyecto es necesario, datos que se puedan manipular en tiempo real, con respecto al recorrido del bus, esto deja claro la prioridad de actualización de los datos con el dispositivo dentro del bus, además de la integralidad de los datos ya que de este sistema se puede extraer toda la información requerida de manera local.

6.2 TECNOLOGIA SELECCIONADA

Por motivos de implicación de costo de infraestructura y repetitividad del diseño para procesamiento de datos en tiempo real, se ha decidido seleccionar la tecnología GPS, además de lo anterior el uso de la misma permite obtener una posición más precisa del vehículo, y en cuanto a la velocidad que es la variable de estudio para el diseño del sistema electrónico, brinda mayor precisión; además de esto se debe tener en cuenta que el GPS posee una cobertura más amplia de la flota de vehículos, y esta característica facilita el cálculo de las posiciones de cada uno de los buses pertenecientes a cada ruta, independientemente de que estos pertenezcan a la misma empresa.

Es de suma relevancia incluir que el diseño del sistema está basado en una solución inicialmente local, es decir, el sistema está en el bus y por medio de la señal GPS, se realizará la captura de datos necesarios de recorrido del mismo, y al final, de cada recorrido, entregar la información recopilada de forma que se pueda realizar una comparación entre los datos y la información ideal, facilitando la interpretación de recorrido de los buses con los puntos de control.

Además un punto con igual importancia, es la velocidad de procesamiento de la información adquirida, esta es desplegada en segundos por medio de una computadora, generando un resultado certero, como el que se requiere para generar y comparar el cumplimiento del estándar de tiempo entre buses consecutivos.

7. DISEÑO ARQUITECTURAL DEL SISTEMA

7.1 INTRODUCCIÓN

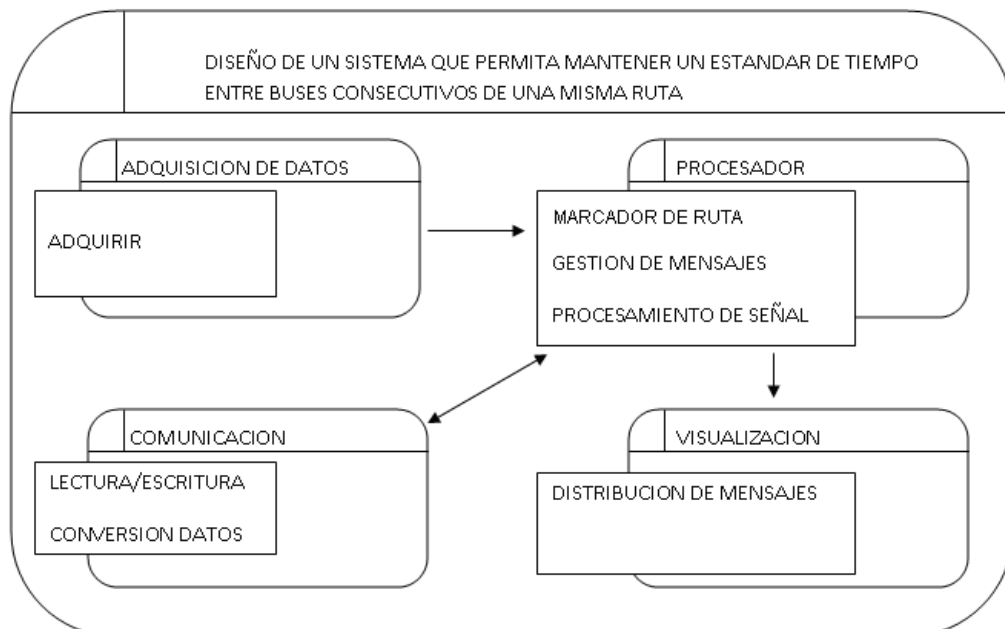
El diseño arquitectural, es la primera etapa en el proceso de un diseño electrónico y normalmente el momento más crítico para el analista del sistema, puesto que en esta fase se debe fraccionar la idea-solución planteada, en bloques funcionales, y especificar las tecnologías inherentes a cada uno de estos.

7.2 DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA ARQUITECTURAL

El sistema está compuesto por diferentes bloques que se relacionan entre sí para monitorear las variables de recorrido de los buses en una ruta, y procesar dichos datos con el objetivo de almacenarlos y exportarlos a una plataforma para su posterior análisis.

La jerarquía que compone el sistema puede ser analizada en los siguientes niveles de abstracción:

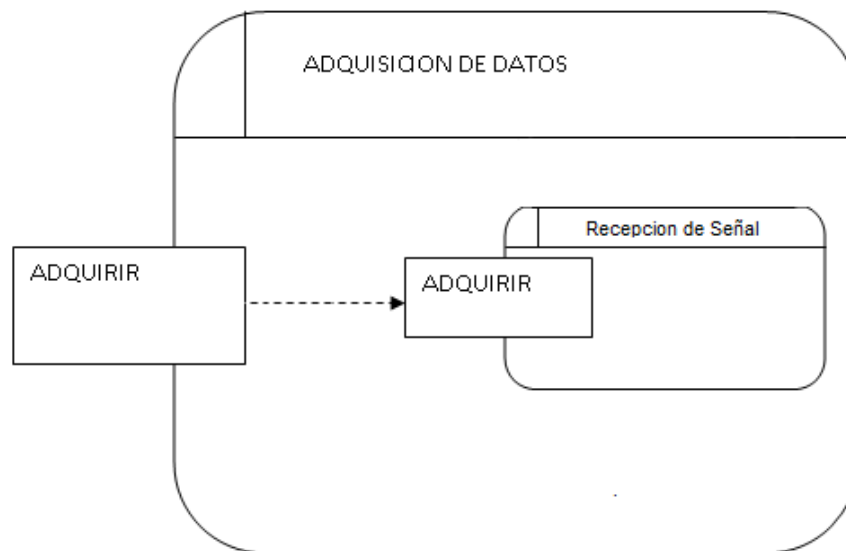
Figura 2. Diagrama arquitectural general del sistema



En la figura 2, se observa que el sistema posee un sistema de adquisición de datos que captura los datos de medición de cada uno de los puntos, el procesador que marca la ruta, gestiona los mensajes y procesa la señal, el sistema de comunicación que permite la lectura escritura, así como la conversión de datos; por último esta el sistema de visualización que se encarga de distribuir los mensajes informativos del estado del dispositivo.

7.2.1 Adquisición de datos. En la figura 3, se muestra el bloque encargado de capturar los datos de posición, tiempo, recorrido y velocidad del bus durante su trayecto

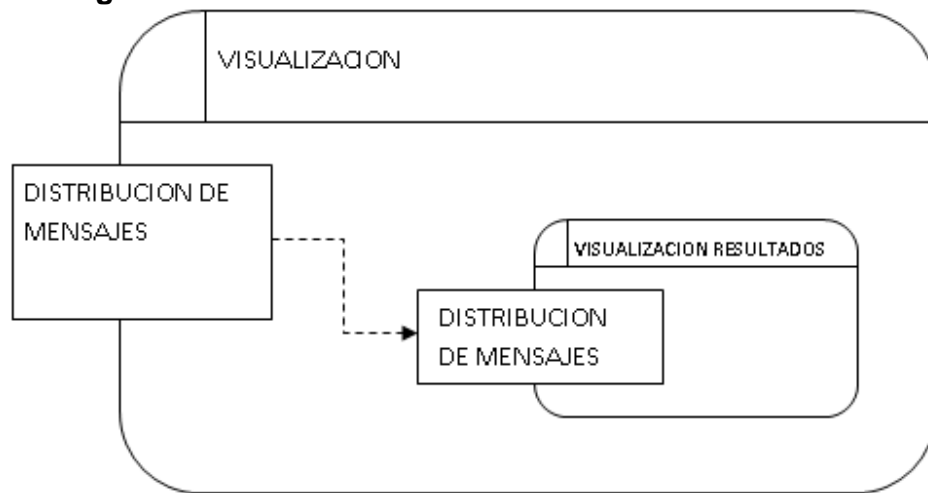
Figura 3. Diagrama subsistema de adquisición de datos



- **Recepción de Señal.** Es la función que permite capturar los datos de ubicación, velocidad y tiempo de recorrido del bus por medio de una antena para recepción de información.

7.2.2 Visualización. En la figura 4, se muestra el bloque que permite visualizar el estado del vehículo en su recorrido dirigido al usuario.

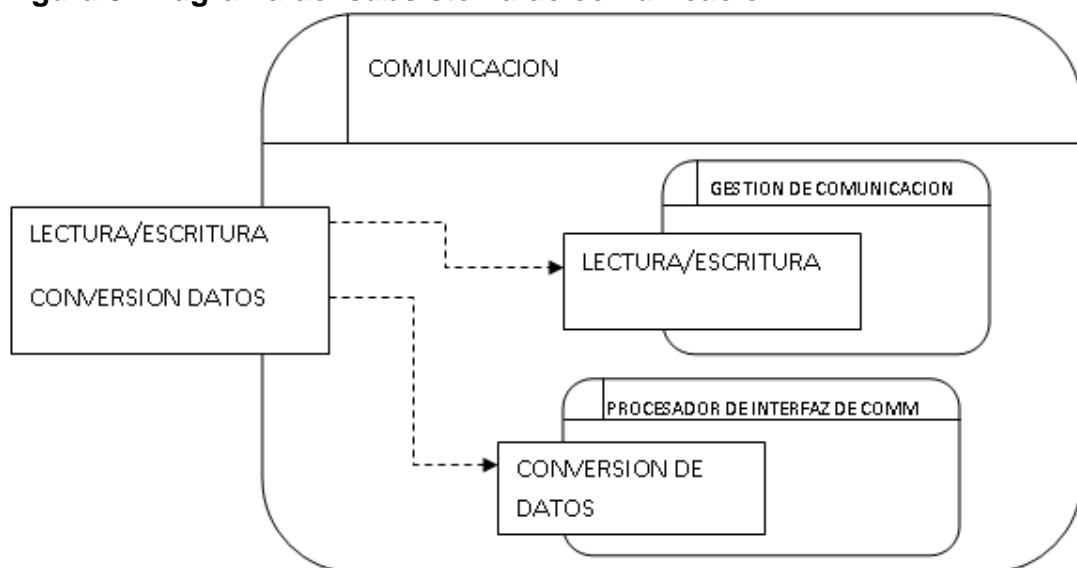
Figura 4. Diagrama del subsistema de visualización



- Visualización de Resultados. Este bloque es el encargado de transformar, adecuar y mostrar mediante una pantalla LCD, de manera comprensible los valores de cada una de las variables de interés.

7.2.3 Comunicación. La figura 5 contiene un bloque de comunicación que es bidireccional. Permite la recepción de los puntos de control configurados sobre las rutas, y así mismo; la extracción de los datos que el sistema ha capturado durante el recorrido.

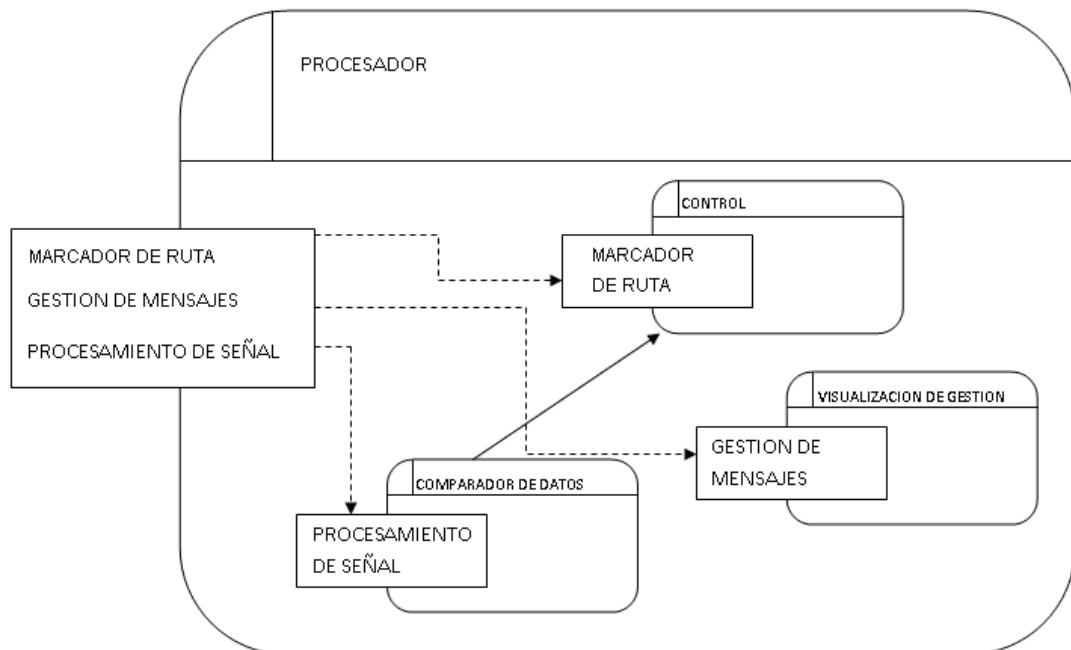
Figura 5. Diagrama del subsistema de comunicación



- **Procesador de Interfaz de comunicación:** Encargado de la conversión adecuada de los datos, además de gestionar el puerto físico de comunicación del sistema junto con la plataforma de importación de datos de configuración y exportación de resultado obtenidos durante el recorrido.
- **Gestión de Comunicación:** Función que me permite escoger entre la función de importación o exportación de datos hacia ó desde el sistema.

7.2.4 Procesador. En la figura 6, se muestra el diagrama de bloque del procesador, este es el sistema central de procesamiento del dispositivo y de los datos que han sido capturados por el mismo; este genera los resultados para el control de la información necesaria para darle solución a los objetivos propuestos en el proyecto.

Figura 6. Diagrama de subsistema de procesador



- **Comparador de Datos.** Bloque encargado de recibir la señal del sistema de adquisición de datos y compararla con los marcadores de posición.
- **Visualización de Gestión.** Sistema de visualización para diagnóstico del sistema, coordenadas de posición (longitud, latitud), calidad de la señal GPS, número de satélites a la vista y velocidad sobre el plano terrestre.
- **Control:** Bloque encargado de comparar los marcadores de posición con los marcadores de ruta y almacenarla resultados generados.

8. DISEÑO LÓGICO DEL SISTEMA

8.1 INTRODUCCIÓN AL DISEÑO LÓGICO DEL SISTEMA

El diseño lógico en un sistema electrónico permite la cohesión del diseño arquitectural y las tecnologías seleccionadas para la implementación. Esta etapa de desarrollo permite determinar la precisión del diseño arquitectural realizado con anterioridad, y de esta manera examinar ciertas fallas que al solucionarse puedan optimizar el funcionamiento del sistema.

8.2 COMPONENTES LÓGICOS DEL SISTEMA

El sistema se encarga de capturar con cierta periodicidad la señal serial del GPS. Dicha trama entrega los siguientes datos, los cuales son de interés capturar, además de ser las referencias que el sistema utiliza para generar la respuesta al usuario.

- **Coordenadas de longitud contra latitud:** Se utilizan como referencia al plano cartesiano para determinar una posición exacta del vehículo.
- **Calidad de la señal GPS:** Es un parámetro de la trama recibida, que indica el nivel de certeza de la transmisión.
- **Número de satélites trackeados:** Es la cantidad de satélites de los que el GPS ha recibido señal, a menudo estos significan la precisión de la transmisión.
- **Altitud:** Se utiliza para localizar este parámetro acorde al vehículo, monitoreado.
- **Velocidad terrestre en Km/h:** Es el parámetro de velocidad que se acoge para generar la estandarización.
- **Estampa de Tiempo:** Parámetro que denota la fecha y la hora de recepción de la trama.

Con los resultados de los datos se genera la siguiente relación:

El usuario del sistema debe definir los puntos en los cuales se desea hacer corte de datos por coordenadas, es decir, en qué puntos de la ciudad desea que el sistema tome la posición del bus consecutiva y progresivamente a lo largo de su recorrido, y que guarde la información de estas posiciones para que al final del recorrido se pueda entregar una tabla de datos al usuario final con la información recolectada.

Desarrollando varias pruebas en diferentes buses dentro del mismo tramo es posible fijar la principal necesidad del cliente, la cual en este caso, sería establecer puntos estratégicos dentro del recorrido de los buses de una ruta y hacer de ellos marcas de ruta que registren la información de recorrido del mismo, la cual aplicaría para todos los buses que recorran la misma ruta; con esto se pretende hacer uso de las especificaciones de diseño para establecer el comportamiento general del sistema, dichas especificaciones son:

- Garantizar una adecuada circulación del transporte público de la ciudad.
- Estandarizar una velocidad de recorrido segura para garantizar el bienestar de los pasajeros.
- Estandarizar los tiempos de recorrido de los buses pertenecientes a una misma ruta y empresa.

Las anteriores especificaciones de diseño influyen en el desempeño del sistema solución; debido a la existencia de factores en los cuales el sistema-solución no puede incidir directamente como en el control del tráfico que los buses deben soportar a lo largo del recorrido. Por tanto, los conductores se verían obligados a aumentar la velocidad de recorrido para poder cumplir con los tiempos que se estandaricen, contraviniendo así las especificaciones listadas anteriormente. Por lo cual, se hace necesaria una reestructuración de la forma de control de la trayectoria; que consiste en definir desde la largada del bus, los tiempos tomados según una tabla de datos recolectada a lo largo del recorrido anterior, son precisamente estos tiempos los estándar

Cuando se haya establecido todos los puntos de corte dentro de una ruta definida, se empieza el almacenamiento de los datos de las variables de interés, tramas en cada punto de corte. Estos datos servirán para generar una comparación entre la ruta de recorrido con tiempos ideales y una ruta con datos reales recolectados del bus. Una vez obtenido lo anterior, se genera un cuadro comparativo de esta información que servirá para establecer estadísticas de recorrido de los buses facilitando el trabajo del personal que gestiona este control.

La información se recopila en una plataforma que facilitará la cotización de las horas trabajadas, número de recorridos, tiempo entre vueltas, entre otros; con el objetivo de que la empresa pueda obtener una información certera para el pago de los conductores.

Datos como la calidad, el número de satélites y la altitud, sirven como diagnóstico para comprobar el funcionamiento del dispositivo y control de los datos. Se

recopilan en el bloque interno de visualización para verificar la autenticidad de los datos; sin embargo este medio de información solo sirve como medio de prueba a un usuario técnico, quien realiza e instala el dispositivo en los buses. Por el contrario es invisible al usuario que gestiona la información, quien la descarga y visualiza para realizar posteriores análisis que ayuden a controlar los tiempos de los recorridos.

Se ha requerido que tenga un bloque dedicado a comunicación con el cual es posible al final de cada recorrido, cambiar la configuración de las rutas, dado el caso que al llegar al control el bus cambie de ruta, pues esto cambia los parámetros de comparación de coordenadas; así mismo es el medio de intercambio o descarga de los datos acumulados en el recorrido en el control. Todo lo anterior se explica por medio de la Figura 7. Esquema del Diseño.

Figura 7. Esquema del diseño

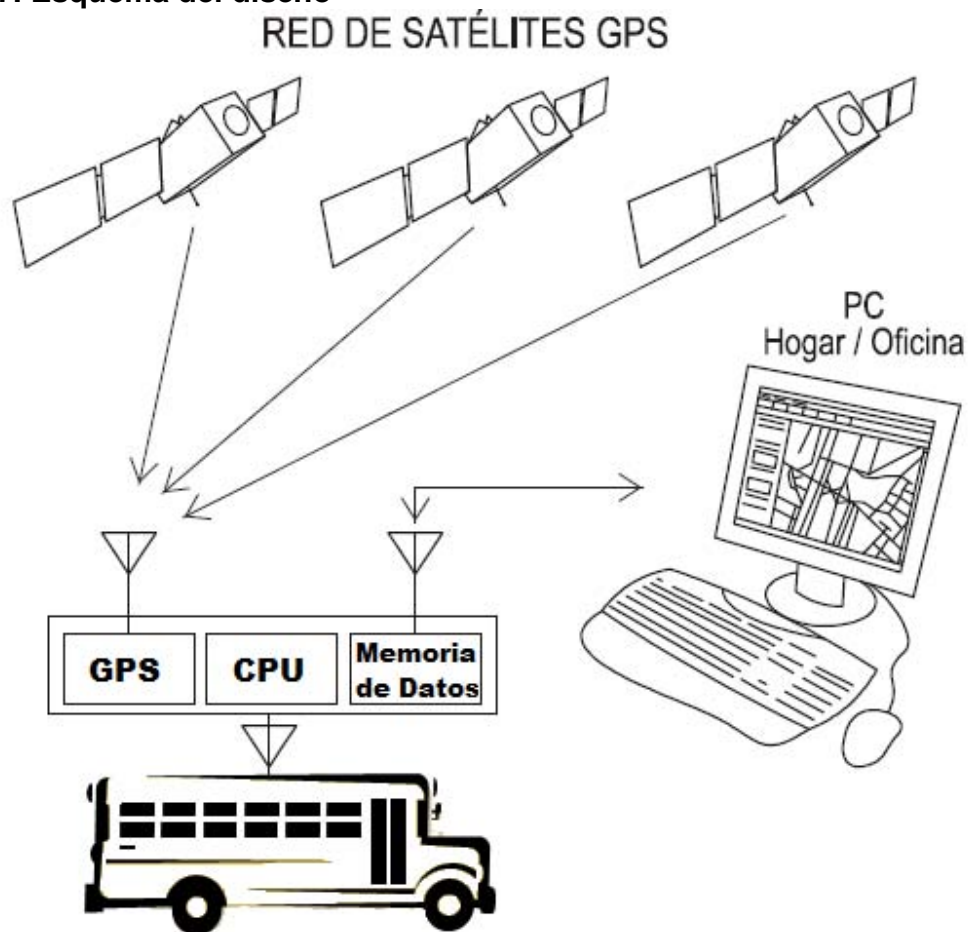
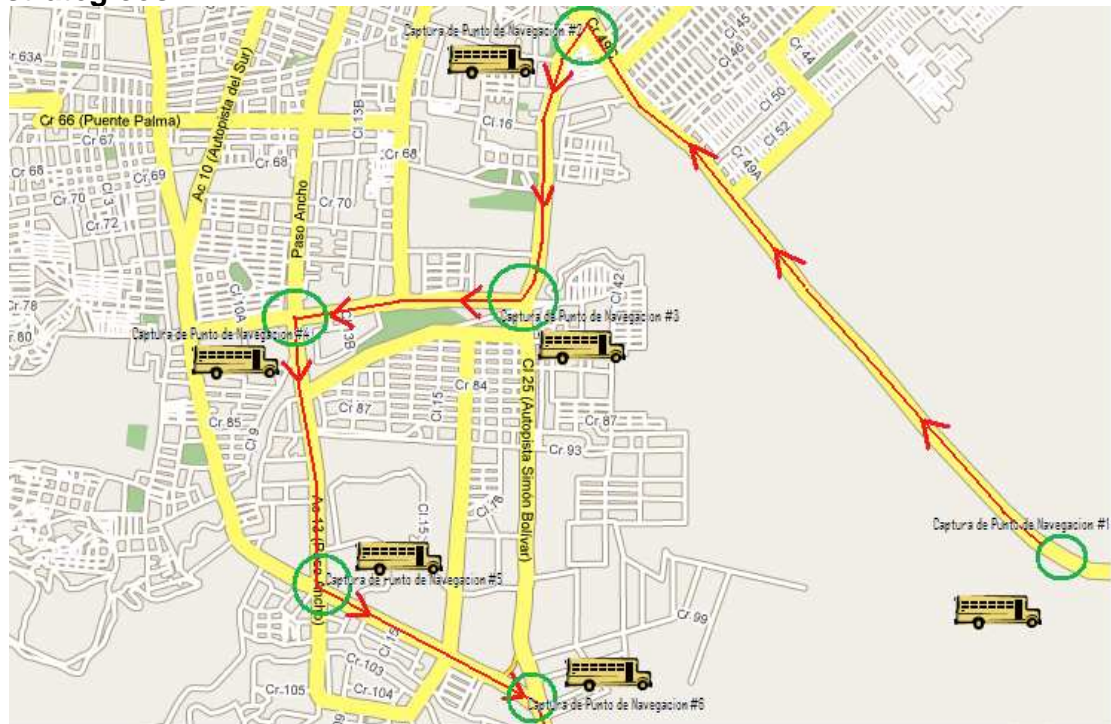


Figura 8. Diagrama de recorrido de ejemplo con captura de puntos estratégicos



La figura 8, es un diagrama que muestra una explicación acerca de la dinámica que tomará la aplicación para capturar los puntos estratégicos dentro del recorrido del bus.

8.2.1 Explicación de la trama GPS. Los dispositivos GPS reciben señales satelitales diferenciales para así poder determinar la posición aproximada de dicho módulo sobre el plano terrestre. Cuando el dispositivo es capaz de mantener una señal estable de mínimo 3 satélites durante su recorrido, para este es posible monitorear la posición relativa junto con otros datos que se explicarán posteriormente.

La estructura física de la trama es codificada bajo protocolo RS232, generando así una compatibilidad general con cualquier dispositivo que pueda establecer un intercambio de datos seriales.

Ya que los datos necesarios para el procesamiento en el diseño son: Coordenadas de longitud y latitud, calidad de la señal GPS, número de satélites trackeados, altitud y velocidad terrestre en Km/h; este capítulo solo se centra en analizar tres de las tramas que el módulo GPS puede entregar.

8.2.1.1 Trama GGA. El campo GGA, permite conocer los datos de fijación del GPS.

GGA - Global Positioning System Fix Data
Time, Position and fix related data for a GPS receiver.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		12	13	14	15

\$--GGA,hhmmss.ss,lll.ll,a,yyyy.yy,a,x,xx,x.x,x.x,M,x.x,M,x.x,xxxx*hh<CR><LF>

Field Number:

- 1) Universal Time Coordinated (UTC)
- 2) Latitude
- 3) N or S (North or South)
- 4) Longitude
- 5) E or W (East or West)
- 6) GPS Quality Indicator,
 - 0 - fix not available,
 - 1 - GPS fix,
 - 2 - Differential GPS fix
 - (values above 2 are 2.3 features)
 - 3 = PPS fix
 - 4 = Real Time Kinematic
 - 5 = Float RTK
 - 6 = estimated (dead reckoning)
 - 7 = Manual input mode

- 8 = Simulation mode
- 7) Number of satellites in view, 00 - 12
- 8) Horizontal Dilution of precision (meters)
- 9) Antenna Altitude above/below mean-sea-level (geoid) (in meters)
- 10) Units of antenna altitude, meters
- 11) Geoidal separation, the difference between the WGS-84 earth ellipsoid and mean-sea-level (geoid), "-" means mean-sea-level below ellipsoid
- 12) Units of geoidal separation, meters
- 13) Age of differential GPS data, time in seconds since last SC104 type 1 or 9 update, null field when DGPS is not used
- 14) Differential reference station ID, 0000-1023
- 15) Checksum

De la trama anterior, que es la más representativa, puesto que contiene la información de posición y calidad, se utilizan los parámetros: 2 (se refiere a la latitud), 3 (indicador de la latitud norte o sur), 4 (se refiere a la longitud), 5 (indicador de la longitud oeste o este), 6 (indicador de calidad de GPS), 7 (número de satélites visibles), 8 (la dilución horizontal de precisión, que es el error referente a la posición terrestre), 9 (Altitud sobre el nivel mar), 10 (Medida del alto de la antena).

8.2.1.2 Trama VTG. Modo de localización y velocidad terrestre.

VTG - Track made good and Ground speed

```

      1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
      | | | | | | | | |
$--VTG,x.x,T,x.x,M,x.x,N,x.x,K,m,*hh<CR><LF>

```

Field Number:

- 1) Track Degrees
- 2) T = True
- 3) Track Degrees
- 4) M = Magnetic
- 5) Speed Knots
- 6) N = Knots
- 7) Speed Kilometers Per Hour
- 8) K = Kilometers Per Hour
- 9) FAA mode indicator (NMEA 2.3 and later)
- 10) Checksum

De la trama anterior se utiliza el parámetro 7 (velocidad en kilómetros por hora), y el 8 (se refiere a la nomenclatura de la velocidad en kilómetros por hora).

8.2.1.3 Trama ZDA. ZDA - Time & Date - UTC, day, month, year and local time zone

	1		2	3	4		5	6	7

\$--ZDA,hhmmss.ss,xx,xx,xxxx,xx,xx*hh<CR><LF>

Field Number:

- 1) UTC time (hours, minutes, seconds, may have fractional subsecond)
- 2) Day, 01 to 31
- 3) Month, 01 to 12
- 4) Year (4 digits)
- 5) Local zone description, 00 to +- 13 hours
- 6) Local zone minutes description, apply same sign as local hours
- 7) Checksum

La trama descrita anteriormente, entrega la estampa de tiempo necesaria para etiquetar la información capturada en la posición deseada (punto de corte) junto con la velocidad instantánea en ese punto, indicado por hora y fecha de la zona.

La información que se requiere capturar se define por el número de caracteres que envía la trama en los campos definidos para esta, así que la cantidad total de caracteres a capturar es de 166 recopilados en 3 diferentes tramas.

El total de bytes que transmitiría el sistema de adquisición de datos corresponde a un total de 166 caracteres x 11 bits c/u de los caracteres incluyendo bytes de control = 1826 bits de información. Para una velocidad de transmisión del estándar NMEA0183 la cual se denota por 4800 baudios, el sistema tardaría 380.4ms en recibir toda la información. ($1826\text{bits} / 4800\text{ baudios} = 380.4\text{ms}$)

Se ha definido entonces un sistema que procese dicha información durante ese tiempo y a su vez que verifique los demás procedimientos que la plataforma debe realizar, lo que significa facilitar la visualización de los datos y comparar los puntos estratégicos en el tiempo de procesamiento que no está ocupado por la recepción de datos. Por esta razón, se decidió trabajar con una velocidad de transmisión de información a 9600baudios, ya que con el mismo número de caracteres garantiza el buen funcionamiento del sistema ($1826\text{bits} / 9600\text{baudios} = 190.2\text{ms}$), así que el sistema de adquisición de datos debe ser configurable en su velocidad de operación.

Cuando se tiene en cuenta que la velocidad máxima del vehículo dentro de la ciudad; 80km/h significa entonces que el mismo se desplaza 22,22m/s ($80\text{km/h} \times 1000\text{m}/3600\text{s} = 22,22\text{m/s}$).

La trama se captura en un tiempo mínimo de 1seg, esto quiere decir entonces que con un rango de aproximadamente 22 mts, habría una diferencia de adquisición de la información que faltaría por capturar en caso que el mismo vehículo tome una ruta alterna al punto en cuestión. Así que se ha definido un mínimo de 100mts a la redonda del punto de corte para asegurar que aunque el vehículo tome un desvío que se encuentre cerca a la referencia o pase a alta velocidad, la información de este punto sea almacenado evaluando el rango alrededor del mismo.

Por lo anterior es posible aumentar la entrega de la información con un espaciado temporal mayor a 1 segundo, dejando aún más tiempo para el procesamiento necesario.

8.2.2 Referencias módulos GPS. Para el desarrollo de la simulación se han utilizado dos dispositivos GPS con diferentes prestaciones para comparar la compatibilidad de los dispositivos al diseño solución.

Tabla 1. Tabla de comparación de módulos GPS.

GPS Holux GR-213 Mini*	GPS Trimble ACE II pcb**
	
Ventajas: Modulo GPS con antena integrada. Capacidad de trackear 20 satélites a la vez. Comunicación RS 232 y TTL. Refresca la posición cada segundo.	Ventajas: Modulo GPS pcb para aplicaciones varias. Conexión de antena extensible con capacidad de trackear 20 satélites a la vez.

	Comunicación RS232 con salida fija doble puerto (Puerto1 salida NMEA0183 y Puerto2 configurable)
Desventajas: No es configurable en términos de entrega de datos, ya que la arquitectura es fija. Por la conexión posible está orientado para uso directo en Laptops y aplicaciones con dispositivos móviles, imposibilitando uso para aplicaciones electrónicas.	Desventajas: Necesita acondicionamiento de alimentaron para aplicaciones móviles.

Fuente: GPS Specifications [en línea], Argentina: NavTechGPS, 2005 [Consultado el 2 de Enero de 2009]. Disponible en Internet: https://www.navtechgps.com/Downloads/GPS15Hand15L_TechnicalSpecifications.pdf.

Para la solución orientada a la aplicabilidad y repetitividad del diseño se escogió trabajar con el dispositivo GPS Trimble ACE II, ya que es configurable en términos de entrega de datos, brindando la posibilidad de liberar tiempo de procesamiento para la aplicación.

8.3 DESCRIPCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA

A continuación se presenta la descripción detallada del comportamiento del sistema diseñado, en el diagrama de flujo al final de este subcapítulo Figura 9. Diagrama de flujo de comportamiento del sistema.

El sistema es el encargado de monitorear, procesar y dar un resultado de acuerdo a las acciones programadas; el comportamiento y el flujo de datos.
 El sistema inicia en un estado de espera por procesamiento, si la recepción de los datos se realiza se muestra un menú de visualización para que alterne mensajes que se deseen conocer como las coordenadas, la velocidad instantánea del vehículo, datos de diagnóstico del sistema de información GPS y la stampa de tiempo requerida. Si no se realiza la recepción de datos, el sistema vuelve a estado de espera por procesamiento.

Estos datos son capturados con un intervalo promedio de un segundo (tiempo estándar de los módulos al entregar en el puerto de salida, la señal de navegación,

sin embargo; es posible configurar el módulo GPS para que la frecuencia de entrega de las tramas tenga un intervalo más amplio que el estándar.

La trama que envía los módulos en general se rige bajo un mismo protocolo, NMEA0183.⁵

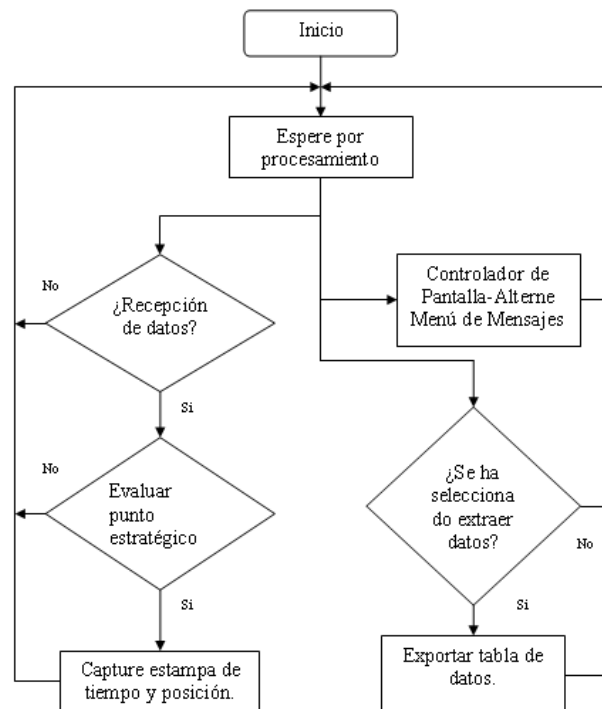
El núcleo del sistema captura las coordenadas que envía el subsistema de adquisición de datos en los puntos estratégicos definidos por el usuario a lo largo de la ruta que debe recorrer el bus; acumulándolas para su posterior análisis. Al tomar dicha información es posible aproximar la posición convirtiendo el bus a un sitio en un plano. Generando así puntos de corte o toma de datos, si no existe una evaluación del punto estratégico, el sistema vuelve al estado de espera por procesamiento. Paralelamente, el usuario puede seleccionar la opción de extracción de datos, si esta no se realiza el sistema vuelve al estado de espera por procesamiento. Si la selección es realizada, se genera entonces una tabla que se almacena en la memoria de datos del sistema para su futura descarga facilitando la comparación ideal del recorrido y de esta manera establecer un criterio de análisis.

Los datos posteriormente se descargan a una plataforma software, y esta información se compara con una tabla estándar previamente tomada de los datos de anteriores recorridos. La información es la base de funcionamiento de las rutas por separado y desde el momento de la largada en su control respectivo.

⁵ NMEA [en línea]: New York, USA: National Marine Electronics Association, 2006 [Consultado el 5 de Enero de 2009]. Disponible en Internet: <http://www.nmea.org/>

8.3.1 Explicación gráfica del comportamiento del sistema. La figura 9, mostrada a continuación hace referencia a la explicación dada anteriormente en el aparte 8.3 descripción del comportamiento del sistema.

Figura 9. Diagrama de flujo de comportamiento del sistema



9. VALIDACION DEL DISEÑO LOGICO DEL SISTEMA

El diseño lógico de un sistema electrónico, comprende no solamente la descripción de herramientas software a utilizar que encajen dentro de un diseño arquitectural realizado con anterioridad, también incluye una secuencia detallada de la lógica que contendrá el sistema de tal manera que satisfaga a cabalidad las especificaciones extraídas en el levantamiento de requerimientos.

Este capítulo pretende realizar un análisis detallado del sistema con el objetivo de generalizar la solución óptima a implementar.

9.1 SELECCIÓN DE VARIABLES CRÍTICAS DEL SISTEMA

El sistema a diseñar requiere de unas variables que permitan tomar una decisión en el momento de generar un diseño que combine un software y hardware específico, a continuación se asocian las variables importantes de cada uno de los subsistemas, con el objetivo de obtener la variable crítica del sistema:

Tabla 2. Comparación de Variables Críticas

SUBSISTEMA	VARIABLE	CRITICO
Adquisición de Datos	Espacio Físico	No
Procesador	Memoria	No
	Velocidad de Procesamiento	No
	Tiempo de Ejecución	Si
Comunicación	Ninguna	-
Visualización	Espacio Físico	No

- Existe una variable crítica adicional, durante el diseño de este proyecto, el costo; ya que del precio global de cada uno de los dispositivos, depende la oportunidad de implementarlos en los buses de transporte urbano, pues el mercado al cual se encuentra dirigido el proyecto es de recursos medios.
- A su vez existe la variable crítica que es medible en términos de software, ya que el tiempo de ejecución depende de la periodicidad de los datos a capturar, tal y como se referencia en la tabla 2. Este tiempo se puede cambiar desde la configuración de la plataforma de adquisición de datos.

9.2 PLATAFORMA DE SIMULACION

Se ha dispuesto una plataforma de simulación utilizando la implementación del diseño solución en un microprocesador ATMEL AT89C52, ya que para efectos de simulación es un excelente elemento de desarrollo, en el cual podemos capturar los datos directamente por el puerto serial físico del PC, haciendo un vínculo entre este y el un puerto virtual desde la plataforma de simulación PROTEUS, y visualizar dichos elementos en una pantalla LCD a modo de pantalla de diagnóstico.

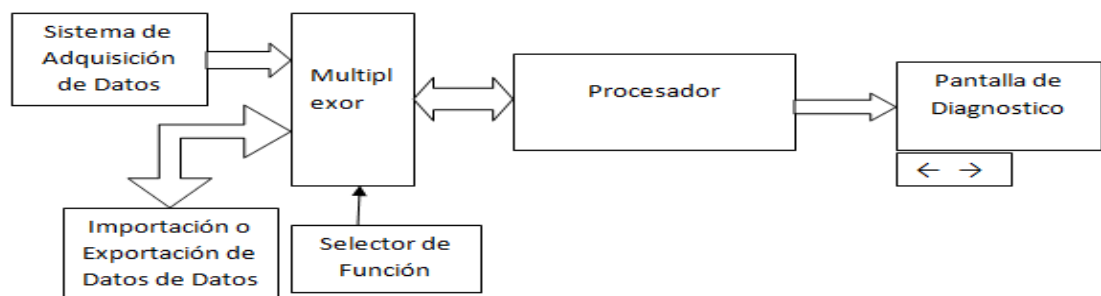
Esta plataforma necesita un cristal a 12 MHz, que le brinde una señal de reloj para su sincronización interna y así poder ejecutar las sentencias que se encuentran programadas. Utilizando el elemento nombrado anteriormente, obtenemos un rendimiento de ejecución de sentencias cada microsegundo, lo cual nos deja bastante tiempo de cómputo para procesar la captura de datos en intervalos de un segundo como mínimo.

9.3 SIMULACIÓN DEL DISEÑO-SOLUCION

Este subcapítulo, pretende mostrar la simulación de la pantalla diagnóstico que el usuario final no puede observar, pero que contiene los parámetros necesarios para el desarrollo de la idea-solución. Estas simulaciones son realizadas utilizando el software Proteus Professional versión 7.

9.3.1 Diagrama de bloques del sistema. Este diagrama de bloques (Figura 10), hace referencia a la estructura básica del diseño demostrando su funcionalidad de acuerdo a la simulación.

Figura 10. Diagrama de bloques del sistema



El procesador es el encargado de verificar el estado de entrega de la información por parte del sistema de adquisición de datos; estos son encaminados por medio de un multiplexor que tiene como función crear una separación de buses de información, en la cual el selector de función permite elegir la fuente de información, sea esta el mismo sistema de adquisición de datos o la función que permite que el procesador se comunice con la plataforma que extrae los datos recolectados en el recorrido ó cambiar los datos de configuración del diseño. La pantalla de diagnóstico permite observar mediante una navegación de menús los diferentes datos necesarios para verificar el correcto funcionamiento de la secuencia lógica del sistema.

9.3.2 Simulación.

Figura 11. Resultado de simulación 1

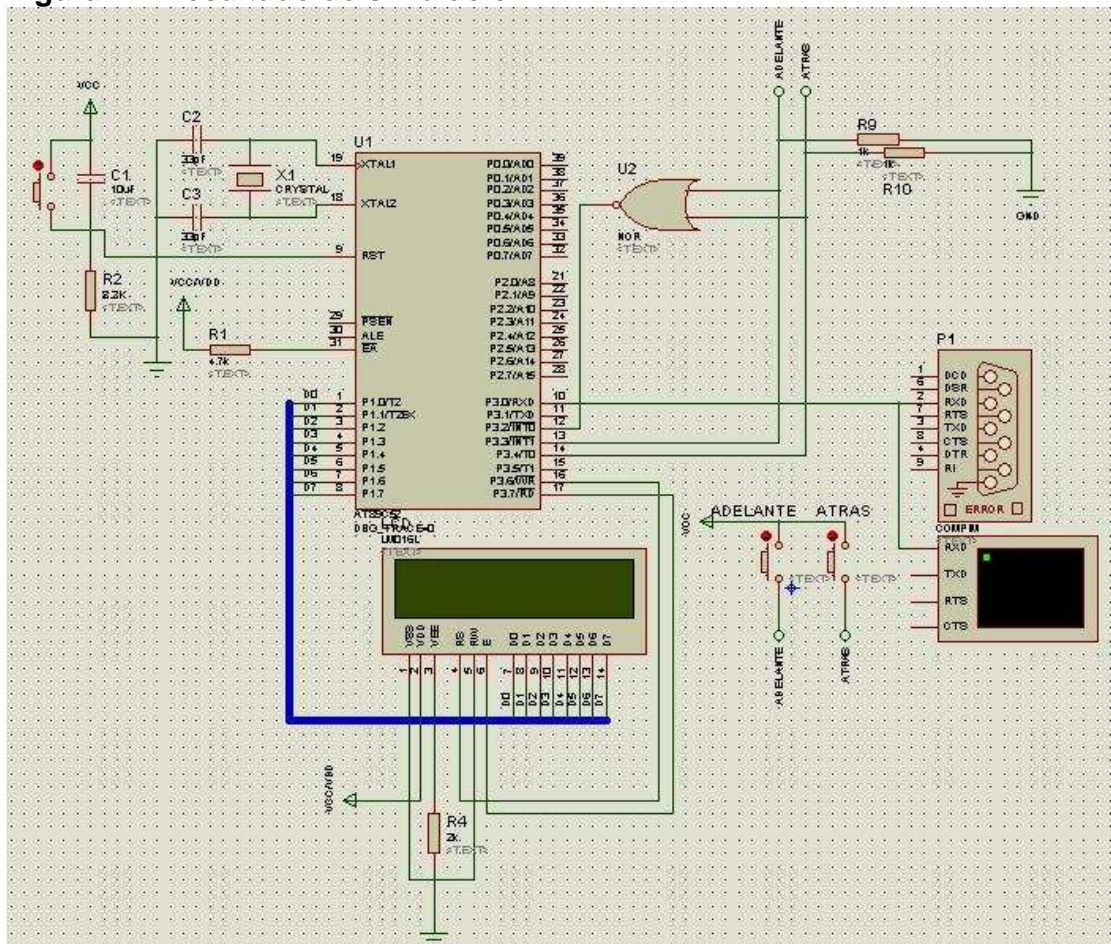


Figura 13. Resultado de simulación 3

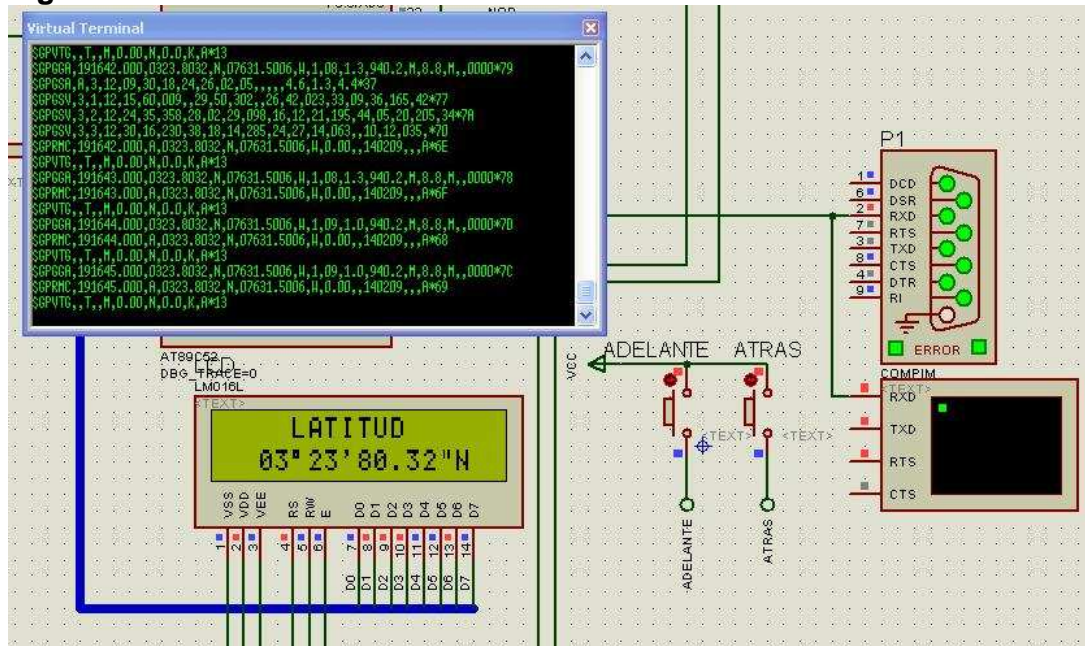
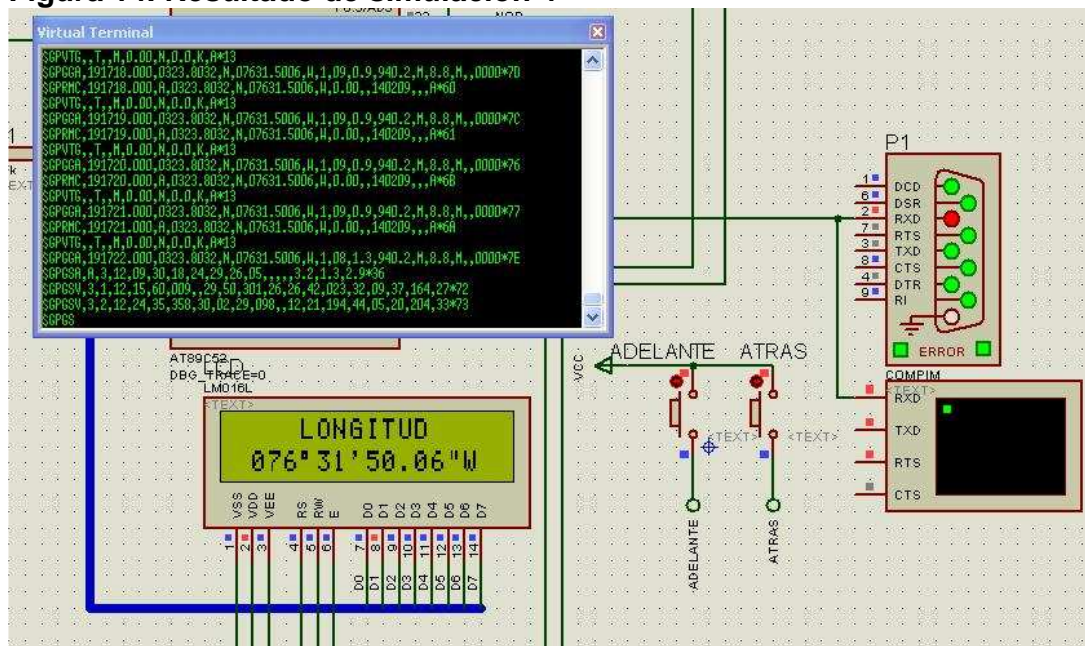
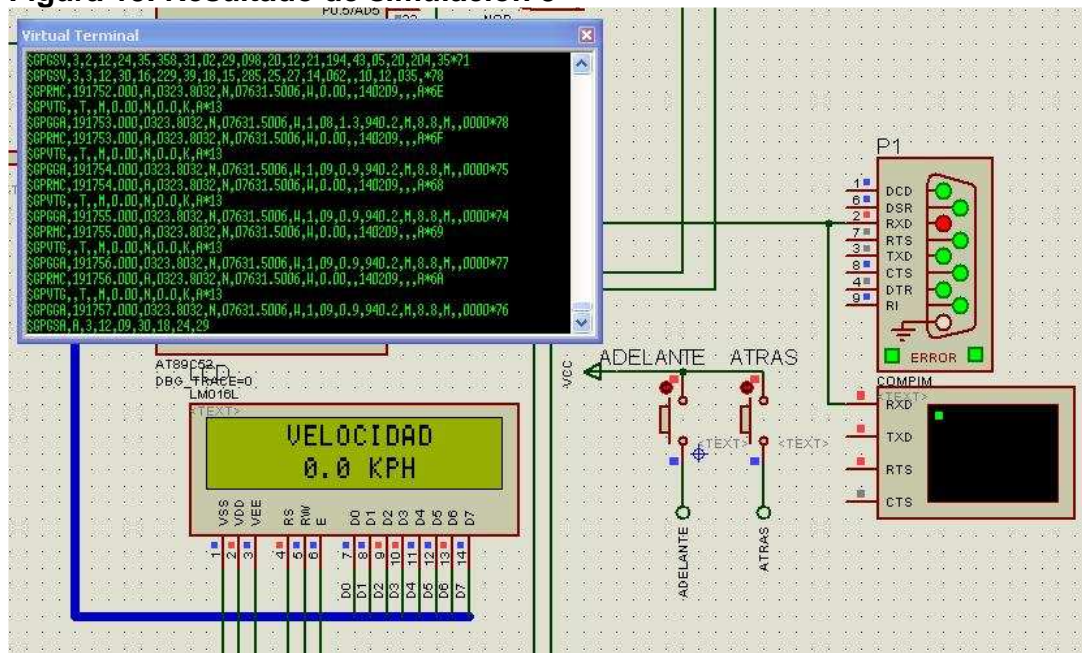


Figura 14. Resultado de simulación 4



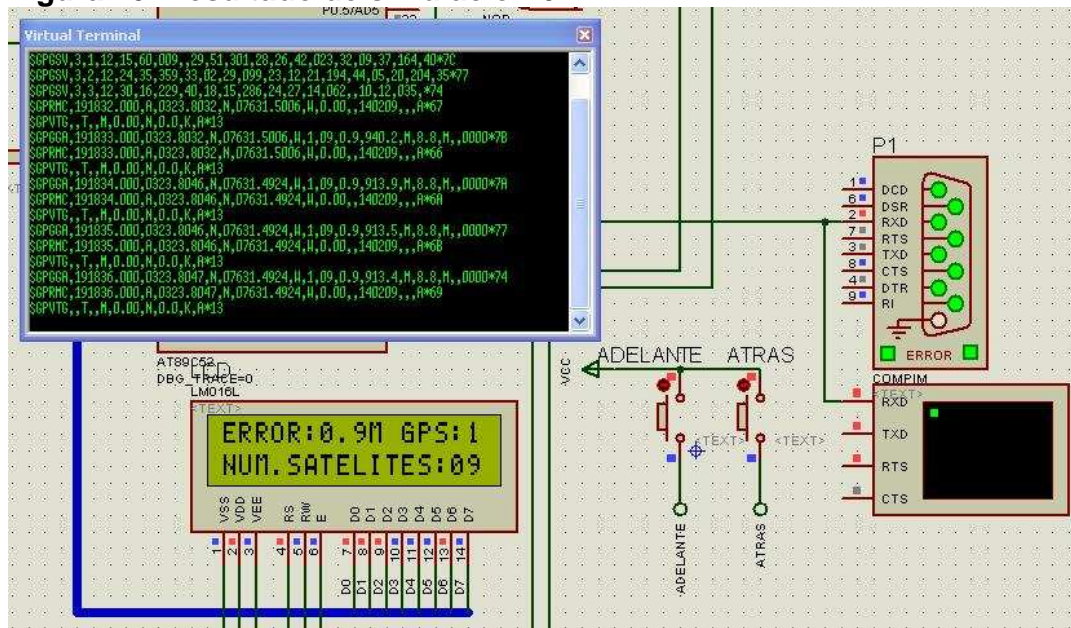
Las pantallas anteriores (Figura 13, Figura 14), describen el sistema de posicionamiento por coordenadas el cual nos sirve como referencia para detallar los puntos estratégicos de captura de información.

Figura 15. Resultado de simulación 5



En la Figura 15. Aunque no se puede apreciar cambio alguno ya que el sistema no se encuentra dentro de un vehículo que se esté desplazando, en otras palabras la simulación se realizó de manera estática; se puede apreciar la velocidad instantánea del vehículo.

Figura 16. Resultado de simulación 6



En la Figura 16, finalmente se encuentra la pantalla de diagnostico en el cual se pueden apreciar los datos básicos de funcionamiento del sistema GPS como: la precisión relativa a la posición, el modo de funcionamiento del sistema GPS y el número de satélites a la vista por parte del dispositivo.

10. IMPLEMENTACION

La implementación del diseño solución, pretende mostrar el funcionamiento del dispositivo en condiciones reales. El prototipo del sistema, se logró mediante la integración de elementos software y hardware que se describirán en el desarrollo de este capítulo.

El desarrollo de la implementación; tuvo como punto de partida, el diagrama de flujo del comportamiento del sistema, que a pesar de ser una visión estática del mismo, sirvió de modelo para realizar la transformación dinámica de las funciones en tiempo real. Con este prototipo se pretende, presentar las principales funcionalidades del dispositivo base, demostrando de esta manera que la lógica utilizada en el mismo cumple con los parámetros descritos en los objetivos.

10.1 DIAGRAMA DE FLUJO SOLUCIÓN LÓGICA

Dentro de la solución implementada, se hizo necesario referenciar en el plano los puntos que se debían monitorear, así que, con la información recolectada por el sistema GPS, y una vez, esta se había capturado por la plataforma micro procesada, era preciso traducir dichos datos; extrayendo los números enteros, debido a que esa información es entregada como simples caracteres.

Con las coordenadas de latitud y longitud, dentro de la memoria del microprocesador, se obtuvieron 17 variables que contenían caracteres ASCII de la ubicación de forma numérica, de lo anterior solo se necesita cierta información, tal y como se explica a continuación:

Este es el punto numérico de coordenadas ubicado sobre la Universidad Autónoma de Occidente:

3°21.223'N 76°31.368'O

Ya que es imposible estructurar que el dispositivo siempre pase por el mismo punto para obtener una precisión muy alta del diseño solución, se optó por tomar un rango de coordenadas de mínimo 200 mts a la redonda del punto, con el fin de asegurar que el bus transite por la posición deseada, aunque sea forzado a tomar un camino alternativo para pasar cerca del punto. Por esta razón se definieron 4 puntos con las coordenadas descritas en la Figura 17, las cuales fueron tomadas mediante el software google earth.

Figura 17. Rango de coordenadas del punto de control Universidad Autónoma de Occidente



Fuente: Mapas Satelitales [en línea], Colombia: Google Earth, 2009 [Consultado el 3 de Febrero de 2009]. Disponible en Internet: www.googleearth.com

De esta manera, se obtuvo el rango de medición sobre Latitud y Longitud:

Latitud: 03° 21.118'N hasta 03° 21.337'N
Longitud: 076° 31.259'O hasta 076° 31.477'O

Cada uno de los valores numéricos descritos anteriormente se están capturando en tiempo real, y en variables internas separadas respectivamente; por lo anterior se transformó esta información a variables numéricas que el microprocesador fuera capaz de comprender.

Es importante aclarar que con la información de los minutos fue suficiente, ya que los grados cambian cuando se realiza el cambio de meridiano ó paralelo; lo que requiere desplazarse una gran distancia, y dentro de la ciudad no se puede apreciar dicho cambio.

Se crearon 4 variables principales que describen el comportamiento del sistema:

Fstlat => parte entera del valor numérico de los minutos de la latitud.

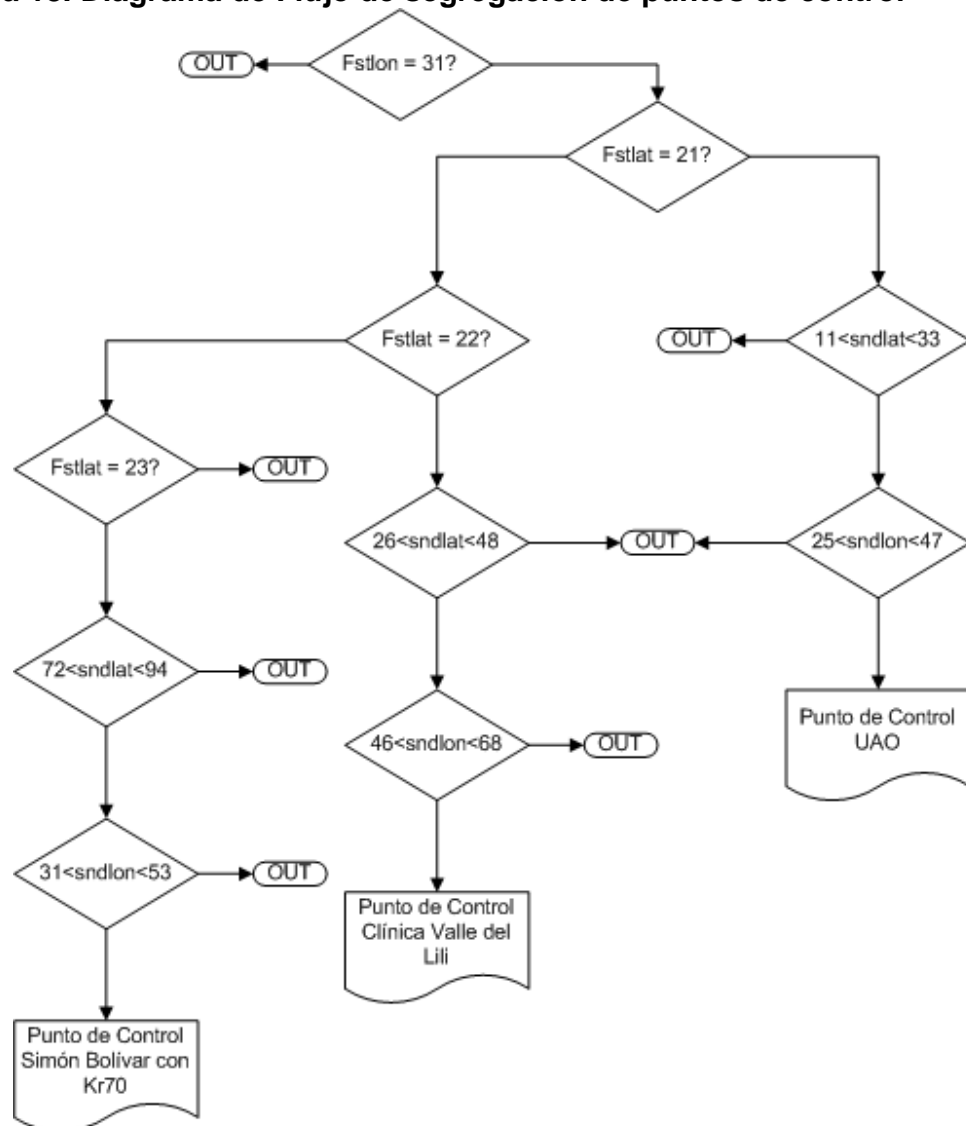
Sndlat => parte decimal del valor numérico de los minutos de la latitud.

Fstlon => parte entera del valor numérico de los minutos de la longitud.

Sndlon => parte decimal del valor numérico de los minutos de la longitud.

Con la anterior información numérica, fue posible plantear el comportamiento del sistema en los puntos seleccionados, y realizar las operaciones pertinentes dando solución al problema planteado; dicha solución se describe en el diagrama de flujo mostrado en la Figura 18, este contiene un análisis de los valores numéricos entre los rangos descritos para los puntos de control de la Universidad Autónoma de Occidente, Clínica Valle del Lili y Avenida Simón Bolívar con Carrera 70. Figuras 17, 19 y 20 respectivamente.

Figura 18. Diagrama de Flujo de segregación de puntos de control



En la Figura 18, se observa el procedimiento que el microcontrolador realiza para poder identificar numéricamente los puntos estratégicos y el monitoreo de los

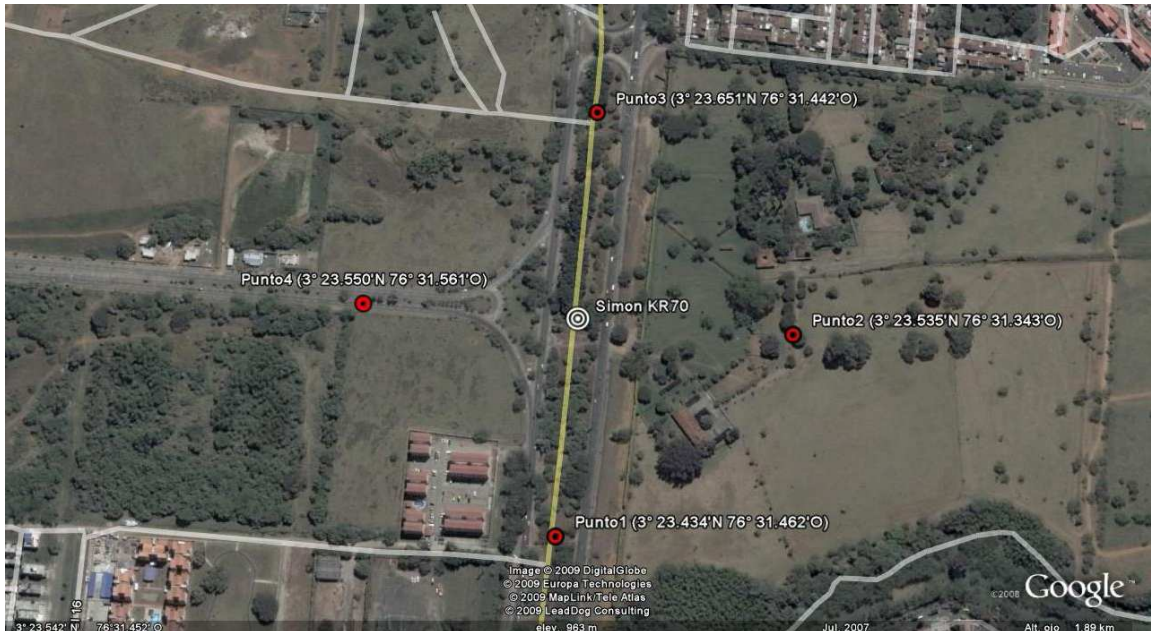
mismos, y poder llegar así a la impresión de los mensajes relacionados a dicho punto validando que es un dato real.

Figura 19. Rango de coordenadas del punto de control Clínica Valle del Lili



Fuente: Mapas Satelitales [en línea], Colombia: Google Earth, 2009 [Consultado el 3 de Febrero de 2009]. Disponible en Internet: www.googleearth.com

Figura 20. Rango de coordenadas del punto de control avenida Simón Bolívar con Carrera 70



Fuente: Mapas Satelitales [en línea], Colombia: Google Earth, 2009 [Consultado el 3 de Febrero de 2009]. Disponible en Internet: www.googleearth.com

En cada uno de los anteriores puntos se definieron una cantidad de variables a monitorear, para entregar dicha información a la plataforma de análisis de datos, con el siguiente formato:

“Identificador del punto, Fecha del evento, Hora del evento, Velocidad instantánea en el punto”

La anterior estructura de información, generó una tabla de datos acumulados a lo largo del recorrido, adicionalmente, se capturó la velocidad del bus cada 2 segundos, realizando el cálculo de la velocidad promedio y segregando dicha información en rangos desde el arranque, haciendo corte en cada punto.

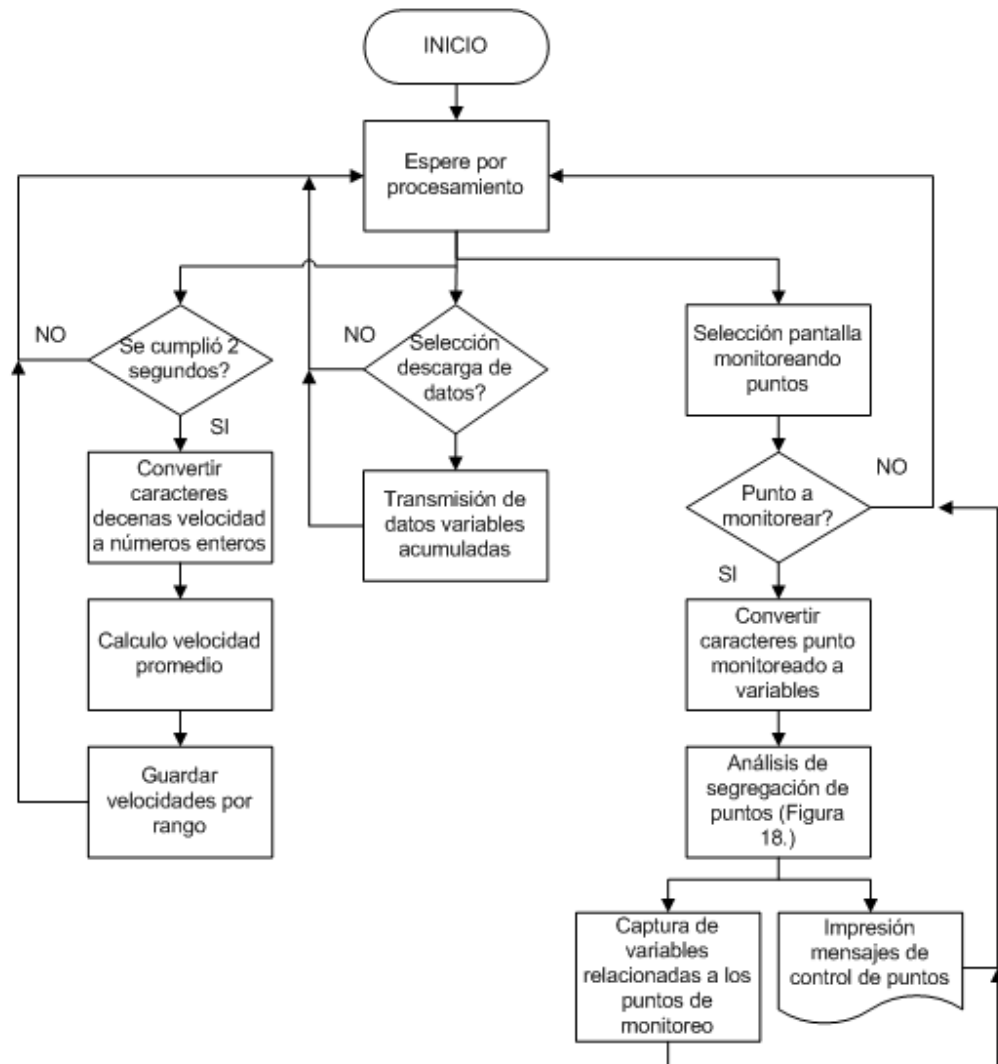
Dicha estructura fue grabada en memoria para su futura descarga en una plataforma computarizada, en la cual sea posible el análisis de la información para generar las estadísticas necesarias para el control y distribución de las rutas de transporte urbano.

10.2 CÓDIGO DE SOFTWARE DISEÑO SOLUCION

A continuación se describirán los apartes del código software del diseño solución, que dieron vida a la plataforma prototipo. El diagrama de flujo de la figura 21 muestra el proceso general del sistema, con el detalle del procedimiento de captura de variables y de transmisión de las mismas.

El código fuente relacionado a dicho diagrama de flujo se adjunta en los anexos.

Figura 21. Diagrama de flujo general de captura y transmisión de variables



10.3 DESCRIPCIÓN DEL MONTAJE HARDWARE

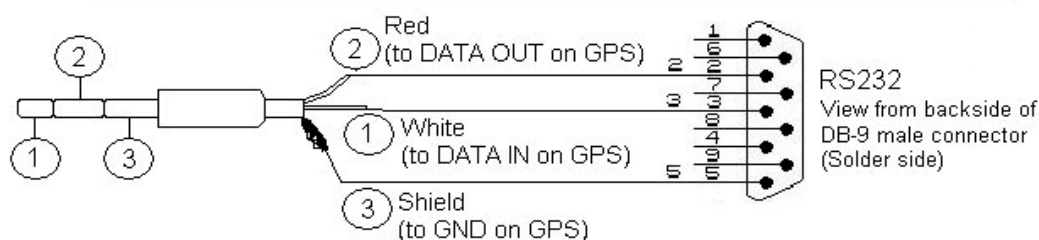
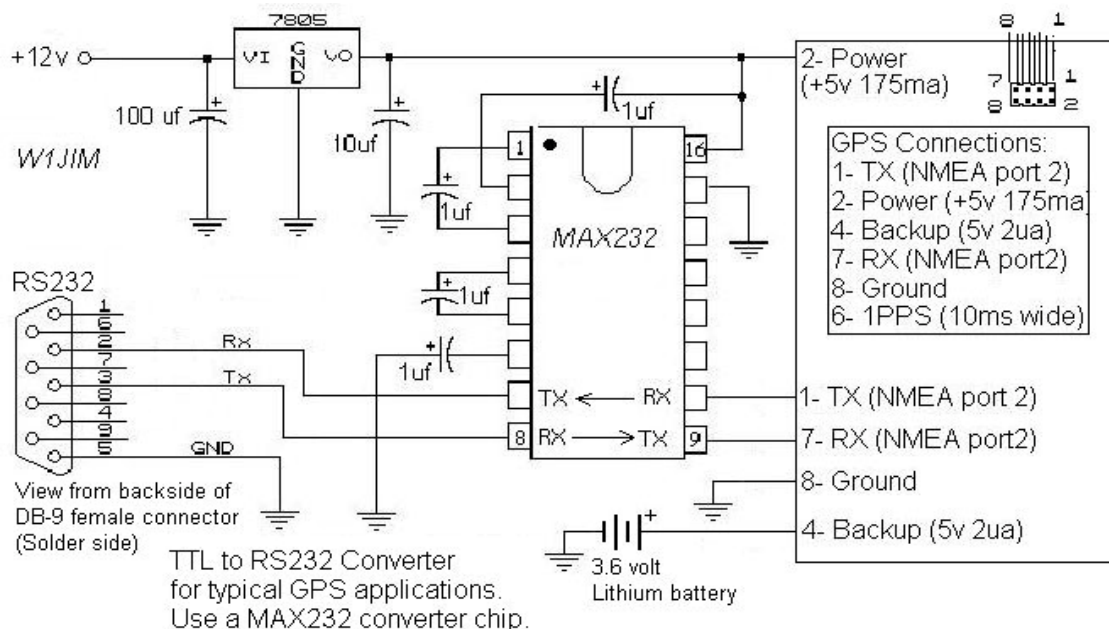
Debido a la recursividad de simular la mayor parte del prototipo, en un ambiente software; el montaje hardware fue reducido a la comunicación del módulo GPS por medio del puerto serial físico de una computadora personal, razón por la cual se realizó una interfaz de comunicación de conversión serial con el chip MAX232, que permite la conversión de datos seriales TTL a RS232, que es el protocolo utilizado en la mayoría de dispositivos que utilizan comunicación serial.

El diagrama de conexión utilizado para el módulo y la comunicación con el PC, se muestra en la Figura 22.

Adicionalmente se ha utilizado la batería de backup que requiere el sistema para garantizar que el sistema guarde en memoria la configuración personalizada por el usuario, y no la que tiene por defecto el sistema; el programa utilizado para la gestión de datos del GPS, por medio de la página del fabricante, es el TRIMBLESTUDIO⁶.

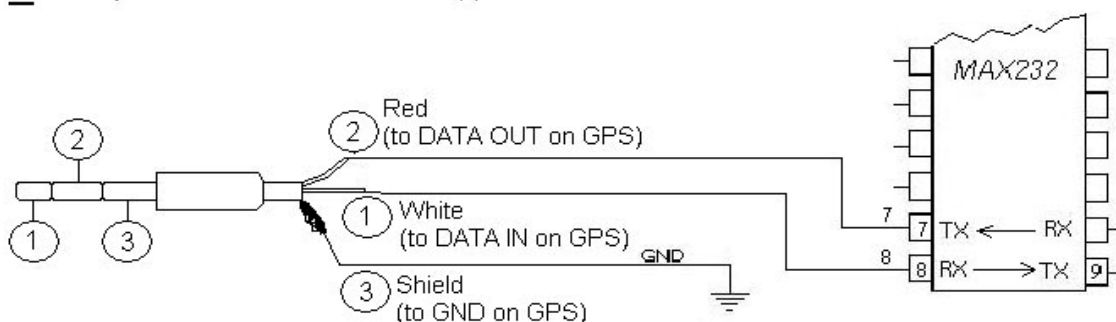
⁶ TrimbleStudio [en línea]: New York.: FileWatcher, 2005 [Consultado el 18 de Marzo de 2009]. Disponible en Internet:
<http://www.filewatcher.com/b/ftp/ftp.trimble.com/pub/sct/embedded/bin.0.0.html>

Figura 22. Diagrama de conexión del sistema GPS con interfaz de comunicación serial.



To connect this completed GPS to a Kenwood TM-D700A using the 2.5mm cable supplied with the TM-D700A shown here connect as shown to a db-9 male connector.

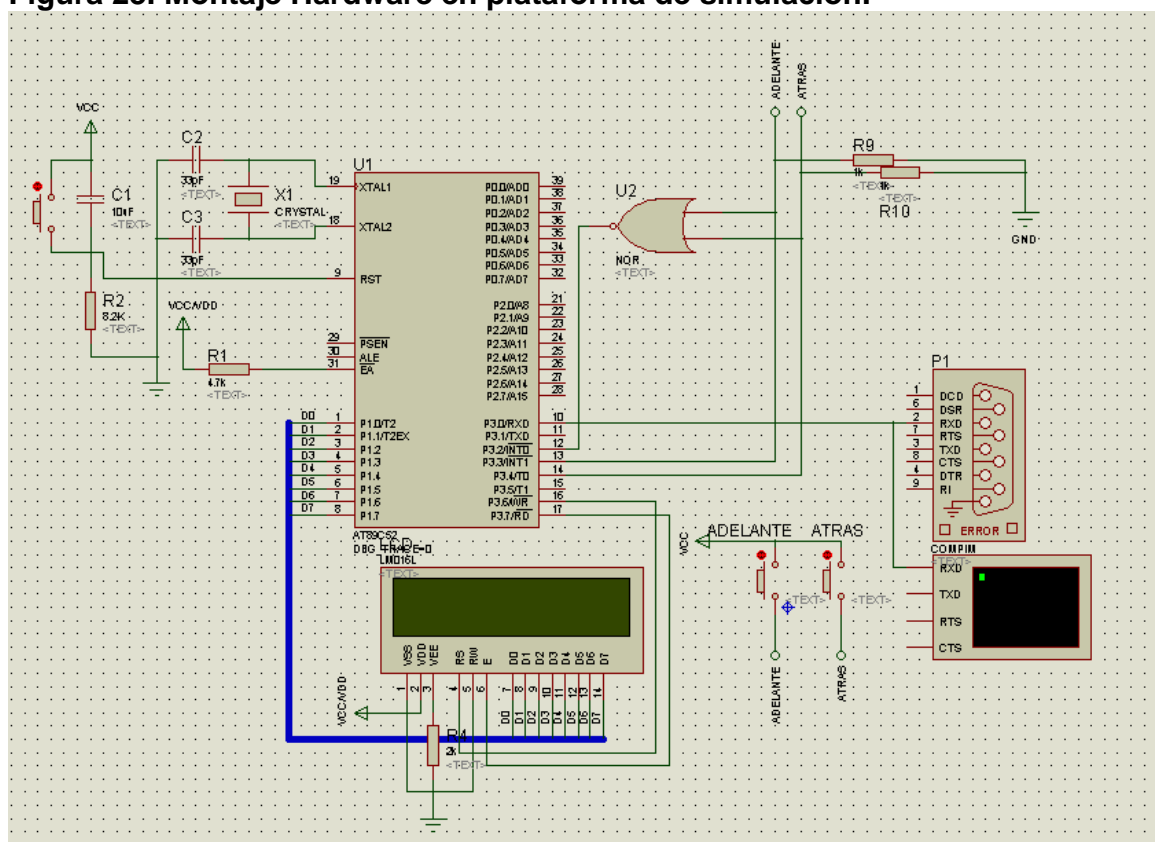
Or directly connect the 2.5mm cable supplied with the TM-D700A to the MAX232 as shown below.



Fuente: GPS DATASHEET [en línea]: Estados Unidos: Trimble, 2006 [Consultado el 22 de Febrero de 2009]. Disponible en Internet: www.trimble.com

Para asociar este montaje al diagrama de bloques, se realizó la implementación en un microprocesador ATMEL 89C52 tal y como se muestra en la figura 23, en la cual se ha dispuesto el circuito básico de reset del microprocesador, la pantalla de diagnóstico, la conexión física entre puerto serial virtual del software y el externo del computador. Existen 2 botones de navegación (Adelante y Atrás), que permiten desplazarse entre las diferentes pantallas de visualización. El mismo puerto permite la extracción de datos de las variables capturadas a lo largo del recorrido.

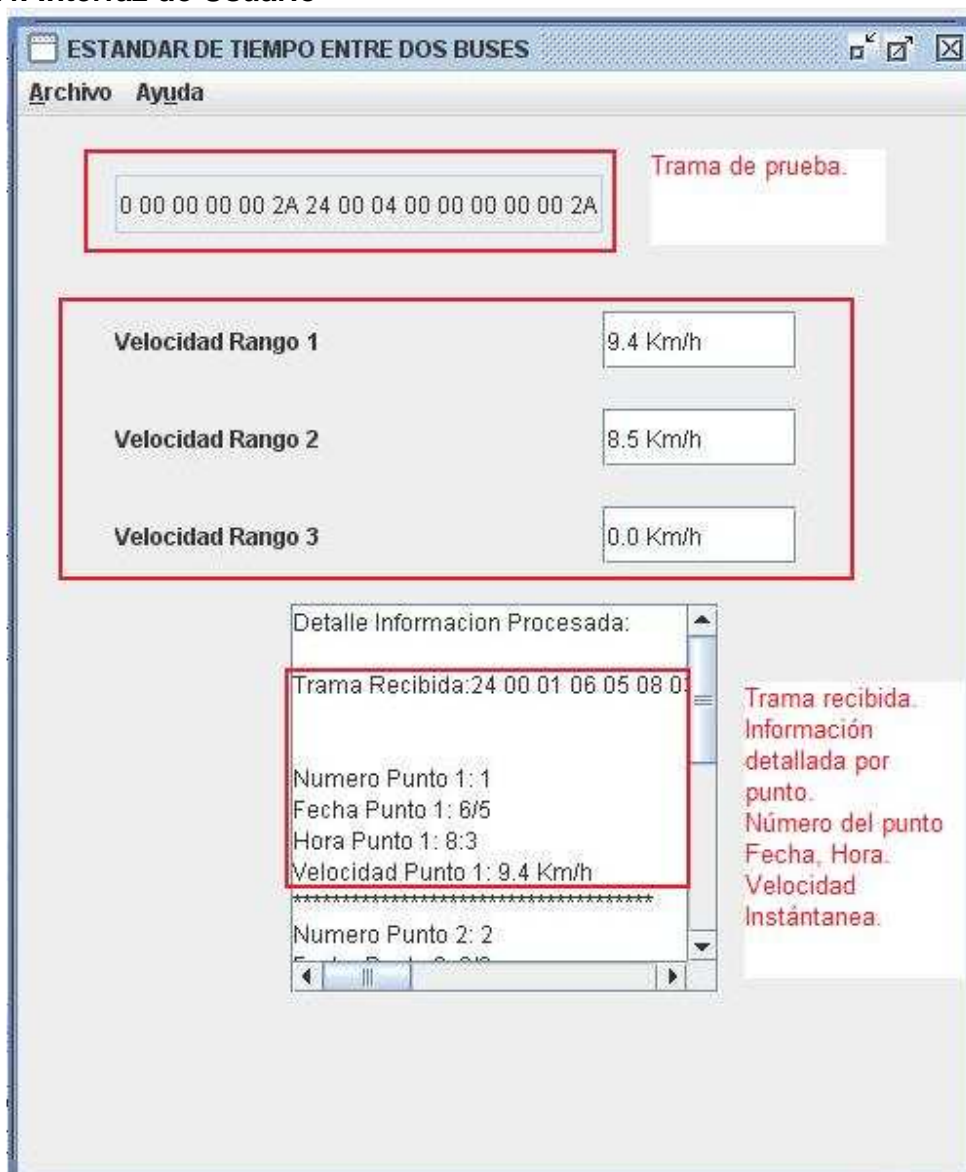
Figura 23. Montaje Hardware en plataforma de simulación.



10.4 DESCRIPCION DE LA PLATAFORMA SOFTWARE

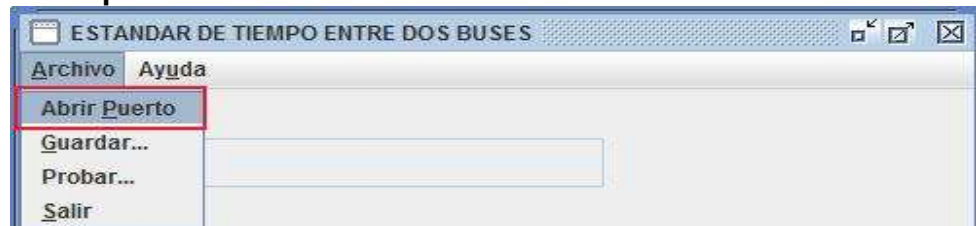
Con los datos guardados de cada recorrido, se crea una aplicación software que tiene como objetivo, permitir a un usuario final la visualización y descarga de los datos. La aplicación software, mostrará la información relacionada con cada punto de estudio, estos datos son recibidos vía serial. A continuación se muestra una imagen prototipo, de los datos que permitirá visualizar la aplicación:

Figura 24. Interfaz de Usuario



El software envía un carácter vía serial a la plataforma hardware y de esta manera, se abre el puerto. Posteriormente la aplicación empieza a recibir datos, esta información es recibida en una trama.

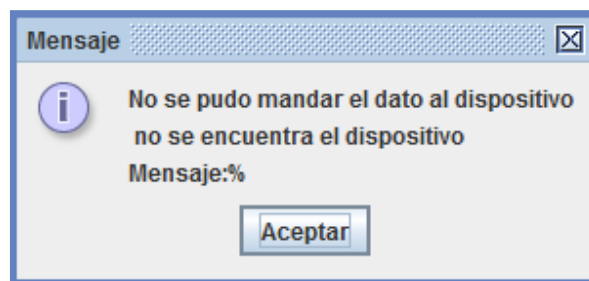
Figura 25. Opciones de Menú



La aplicación contiene 2 menús, uno Archivo y Ayuda. Al seleccionar Archivo se despliegan 4 opciones; la primera de estas es Abrir Puerto.

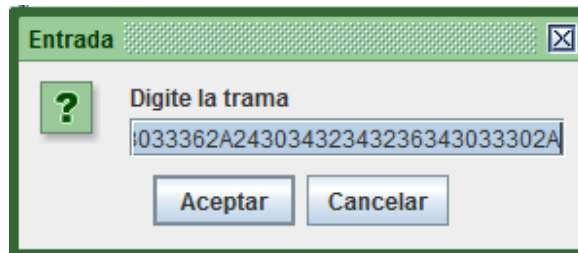
- Abrir Puerto. Esta opción permite que una vez conectado el dispositivo, el usuario al presionar la misma envíe, un carácter en este caso %, para que la plataforma hardware comience la transmisión de los datos y estos se visualicen en la Interfaz. En caso de que el puerto se encuentra mal configurado en la máquina, erróneamente conectado, ó no exista; el software arroja el siguiente mensaje de error:

Figura 26. Excepción de Dispositivo



- Guardar. Esta opción permite guardar los resultados que se visualizan en el Detalle de la Información Procesada, estos datos se pueden salvar en cualquier formato, lo importante es que el usuario final seleccione el de su conveniencia y necesidad para la manipulación de la información. Los formatos principales serán .txt, .xls, doc.
- Probar: Esta opción permite al usuario, utilizar una trama previamente dispuesta para que con esta se muestren los resultados en el área de Detalle Información Procesada.

Figura 27. Ventana de Trama de Prueba



- Salir: Es la opción que utiliza el usuario, solo para salir de la aplicación.

El menú de ayuda simplemente muestra un breve resumen de las habilidades de la aplicación

10.4.1 Explicación de la Trama. A continuación se muestra una trama de ejemplo, que permite comprender la extracción de la información importante a partir de la misma, para un mejor análisis, se describe la primera parte que corresponde al primer punto del recorrido, la cual tiene la misma estructura para los siguientes puntos, a excepción del fragmento de esta que describe el consolidado de velocidades.

24 00 01 00 00 00 00 00 2A

- **Significado de caracteres:**

\$, punto 01, día_punto1, mes_punto1, hora_punto1, min_punto1, decimas de la velocidad punto1, unidades de la velocidad punto1, *
\$, punto 04, velocidad_rango1, velocidad_rango2, velocidad_rango3, velocidad_promedio, *

Lo anterior quiere decir que cuando se recibe un 24 se determina como el inicio de un punto, el 24 en caracteres hexadecimales es el signo \$, posteriormente viene un 0001 que en este caso identifica el punto 01. Luego, viene 00 que es día punto 1, de ahí en adelante se toma la información correspondiente al mes punto 1, hora punto1, min punto1, decimas de la velocidad punto1, unidades de la velocidad punto1, como parejas hasta el 2A, que en caracteres hexadecimales es un * con este se terminan los datos del punto 1; Posteriormente se obtiene otro 24 que indica la inicialización del punto 2. En la última fila se obtiene las velocidades acumuladas del rango 1, rango 2, rango 3 y la velocidad promedio del recorrido.

10.4.2 Explicación del Funcionamiento del Software. La aplicación fue creada en java, utilizando la librería comm, para manejo de puerto seriales.

El software recibe la información directamente del hardware como se explico en el aparte anterior, y posteriormente la muestra en la interfaz. Para poder identificar cada uno de los segmentos de la trama, es necesario utilizar un método de división de caracteres, propio de java.

En la interfaz es posible visualizar, la trama, las velocidades promedio del rango 1, rango 2 y rango 3.

En el detalle de la información procesada, se puede ver la trama recibida.

El punto de análisis, fecha y hora en la cual se capturo la información del punto y la velocidad del mismo.

Adicionalmente el software permite descargar en archivo plano la información detallada del punto, seleccionando la opción guardar del menú archivo.

El menú ayuda, contiene la descripción de la aplicación y el uso para el cual fue creada.

10.5 VALIDACIÓN

Para realizar las pruebas correspondientes al correcto funcionamiento del diseño lógico del sistema, se creó un material visual que consiste en:

- Video: Se creó un video que muestra el funcionamiento correcto del código. En este video se realizó el recorrido, con los puntos reales. En este se puede visualizar los mensajes arrojados por el software en Proteus.
- Video-Presentación: Se realizó un video utilizando el software Win K, que permite crear una presentación partiendo de unos pantallazos grabados en un momento determinado. Para esta presentación los momentos fueron grabados en el recorrido de prueba del sistema prototipo, para los 4 puntos relacionados.

11. CONCLUSIONES

El análisis realizado para investigar las necesidades de la población, tomando como muestra el gremio al cual el proyecto esta enfocado, fue de gran ayuda para determinar la envergadura y estructura del sistema.

Las entrevistas fue de gran ayuda porque permite que el interesado realice preguntas puntuales, que posteriormente se conviertan en requerimientos de diseño; por este motivo las respuestas se toman como niveles de prioridad para estos.

Diseñar un sistema que permita mantener un estándar de tiempo, entre buses consecutivos de una misma ruta, es la integración de diferentes subsistemas, como uno de adquisición de datos GPS, una plataforma microprocesada para adquirir, procesar y entregar un resultado del análisis de los datos generados por el sistema anterior, y una adecuada visualización que permita influir de manera positiva en el trayecto estándar de las rutas de transporte urbano, en la ciudad de Cali.

Dentro del desarrollo de este dispositivo se implementaron diferentes campos de conocimiento que permitieron, establecer una estrecha relación entre la teoría y la práctica para generar resultados en consecución de los objetivos. La tecnología del GPS, desde un nivel básico, la identificación de los parámetros útiles para la solución del problema y la implementación de los mismos en una solución lógica y consecuente.

El estudio y profundización de la tecnología GPS, proporcionó no solo conocimientos que permitieron dar solución a la cuestión planteada, si no el aporte de nuevas visiones hacia el desarrollo del diseño electrónico del sistema, así mismo la comprensión en el funcionamiento de esta tecnología se convirtieron en una fuente de certeza para determinar la importancia de su uso en comparación con tecnologías como Radiofrecuencia.

En el análisis realizado en este diseño se comprobó que la metodología utilizada de flujo de diseño fue óptima para conseguir el cumplimiento de los objetivos ya que la inclusión de una etapa arquitectural ayudo a concebir el sistema desde una perspectiva hardware, y la etapa lógica constituyo toda la secuencia que debía de cumplir cada uno de los componentes arquitecturales para diseñar un dispositivo funcional y consecuente con la solución deseada.

La utilización de las simulaciones, los diagramas de flujo y la descripción del diseño por medio de un diagrama de bloques son claves, en el momento de explicar el funcionamiento que tendrá el sistema, sin necesidad de su implementación física. Ya que estos tienen la función de guiar al lector en cada una de las características del sistema, en la forma de ingreso de los datos y en los resultados que se deben obtener.

En este tipo de proceso fue muy útil la herramienta de simulación Proteus, ya que es una aplicación sencilla de utilizar y altamente útil para demostraciones, con uso de componentes electrónicos, de esta manera brindó una explicación de fondo acerca del diseño electrónico del dispositivo.

Debido a que se requería diseñar un sistema que cumpliera con el objetivo general (Diseño de un sistema que permita mantener un estándar de tiempo entre buses consecutivos de una misma ruta), se detectó durante el desarrollo del mismo que no es posible incidir directamente de manera positiva mediante un control visual y directo sobre el conductor, para garantizar el bienestar de los pasajeros durante su recorrido, ya que el flujo del tráfico que existe a la par de los buses de transporte público es una variable que no se le puede aplicar ningún control que certifique un recorrido constante para las rutas; pero si es posible obtener información de primera mano del recorrido a evaluar, permitiendo la estandarización de tiempos de recorrido.

Con base a la información recolectada por el sistema y el análisis que se le puede realizar, es posible institucionalizar una actitud de cambio por parte de las empresas de transporte público para garantizar un buen recorrido de sus flotas.

Diseñar una plataforma software que permita descargar los datos a esta, es de gran ayuda, pues es posible no solo realizar una consolidación de la información, también estos datos pueden ser guardados en diferentes formatos, que permitirán realizar los análisis que las empresas de transporte deben utilizar.

12. RECOMENDACIONES

Dentro de las recomendaciones principales se encuentra, diseñar dos sistemas independientes pero asociados en comunicación para que uno se encargue de monitorear en tiempo real la señal del GPS, y el otro que tenga la función de procesamiento de los datos y la entrega de resultados; para así garantizar una alta precisión de la información obtenida.

El campo de trabajo en el que se incursionó, ha sido desarrollado a lo largo de los últimos años, sin embargo doy gracias aporte aún más a la continúa investigación de este tema.

Basándose en el trabajo realizado, y las mejoras a implementar, se puede considerar:

- Disminución del tiempo de procesamiento: Selección de sistemas microprocesador de mayor capacidad de cómputo.
- Almacenamiento de información de la mayor cantidad de puntos de control sobre el recorrido.
- Desarrollo de un software de análisis de la información de recorrido enlazado con cantidad de pasajeros y nomina.

BIBLIOGRAFIA

ACE II GPS TM. System Designer Reference Manual [en línea] USA: Trimble, 2006. [Consultado el 1 de Febrero de 2009]. Disponible en Internet: <ftp://ftp.trimble.com/pub/sct/embedded/bin>

ROZO GARCIA, Antonio. Sistemas Digitales. Bogotá: Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, 1999. 300p.

VILLAR, Eugenio. VHDL Lenguaje estándar de diseño electrónico. Cuzco: McGraw Hill, 2002. 534p.

C. J, Savant JR, MARTIN S, Roden, GORDON, L. Diseño Electrónico. 3 ed. USA: Prentice Hall, 2000. 1024 p.

ABEL, Carlos. Lenguaje Ensamblador Y Progr Pc Ibm 3/E. 6 ed. México: Prentice Hall, 2000. 124p

PUCH, Carlos. Manual Práctico de GPS, Introducción al Sistema Global de Posición. 2 ed. Desnivel, 2000. 189 p.

Sistema de Rastreo usando RF vs GPS [En línea] Sacramento, USA. Disponible en Internet. http://www.pegtech.com/rfgps_SP.htm

Sistema de Posicionamiento Global (GPS): Descripción, Análisis de Errores, Aplicaciones y Futuro [En línea] Madrid, España. Disponible en Internet. <http://www.iai.csic.es/users/gpa/postscript/Pozo-Ruz00a.pdf>

NMEA data. [En línea] USA: NMEA, 2000..[Consultado el 10 de Noviembre de 2008]. Disponible en Internet. <http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>

South America GPS Maps. [En línea] USA: UNIQUE, 2001. [Consultado el 5 de Febrero de 2009]. Disponible en Internet.

<http://www.unique-southamerica-travel-experience.com/south-america-gps-maps.html>

ANEXOS

Anexo A. Entrevistas realizadas a los transportadores del gremio

INTRODUCCIÓN

Para el proceso de levantamiento de requisitos, fue necesario investigar los parámetros de estudio de algunas empresas de transporte urbano del país entre estas, Coomepal en Cali, y Transvalvanera en Bogotá. A continuación se presentan las preguntas y respuesta de esta sesión.

1. ENTREVISTA

A continuación se presenta lo resultados a las preguntas formulados en entrevista que se aplicó, a 7 personas del gremio de transportadores urbanos (transvalvanera - Bogotá), (Coomoepal - Cali), (Montebello - Cali), (RioCali- Cali), (Ermita - Cali), (Pance - Cali), (Recreativo - Cali) ; las preguntas son:

1. Cuantos buses o busetas se manejan en una sola ruta. ¿Me podría describir cuan largo es el recorrido que hacen? (Escoger el ejemplo más fácil posible)
2. ¿Con que periodicidad se da la señal al conductor que puede iniciar ruta?
3. ¿Cuál sería entonces la distancia estándar, en tiempo, de dos buses seguidos en la misma ruta?
4. Dependiendo del medio de transporte (bus, buseta, vagoneta, etc.) ¿cuántos pasajeros logran transportar en un solo recorrido? Y acorde con ello ¿Cuántos recorridos logran hacer durante el día?
5. ¿Con que medio los conductores demuestran ante la empresa transportadora la producción del día? (Por número de vueltas o por pasajero transportado, etc.)
6. ¿Tienen o existe alguna sanción por no cumplir con la meta diaria? (si existe dependiendo de la respuesta anterior); de ser así, ¿cuánto es o como la deben pagar?
7. ¿Utilizan ustedes un dispositivo que controle la capacidad de carga de las rutas urbanas? (Sensor que cuente las personas).
8. Por último me gustaría saber estadísticas generales obviadas en las preguntas anteriores

RESPUESTAS

- Trans-valvanera – Bogotá
 1. 80,4 masivo, Chía- Bogotá, 20 Kms, cíclicas (200 de 4 empresas).
 2. 1 minuto de espacio.
 3. 1 minuto obligatorio.
 4. 26 pasajeros, 48 sentados y 43 de pie en masivo; 6 viajes redondos es decir 12 recorridos.
 5. Por pasajeros transportados, \$ 240.000 al propietario (\$1700 pasaje x usuario) menos peaje y combustible.
 6. Se realiza una deducción acorde con la entrega.
 7. No utilizan
 8. No existen ningún tipo de estadísticas adicionales.
- Coomoepal - Cali
 1. Entre 30-35 buses por ruta, operan entre 30 Kms aproximadamente.
 2. Cada 3-5 minutos.
 3. 2 horas
 4. 70 personas por recorrido y realizan de 5 a 6 recorridos.
 5. Acuerdo por entrega.
 6. Si, se realiza un paz y salvo cuando ya no van a trabajar más con la empresa.
 7. No, sin embargo alguno buses si lo tienen mecanismos de registro con sensores.
 8. Además de los anterior los sábados, domingos y festivos es menor el valor de la entrega (las entregas se pactan por común acuerdo).
- Montebello - Cali
 1. Entre 10-20 busetas por ruta, que realizan un recorrido de 40 Kms.
 2. Cada 2-4 minutos.
 3. 7 minutos.
 4. Como solo se maneja buseta pequeña, se transportan 40 pasajeros y se logran realizar entre 6 y 7 recorridos.
 5. Por pasajero, ya que las busetas tienen sensor de registro.
 6. No, la verdad no existe ningún problema ya que se trabaja por cantidad de pasajeros y no un monto específico. Si la cantidad de dinero no es acorde al número de pasajeros el excedente si debe ser cancelado por el conductor.
 7. Si, como lo comente tenemos el sensor de pasajeros, ya en la mayoría de busetas.
 8. No existe nada más que pueda agregar al respecto.
- Río Cali - Cali
 1. Un promedio 15-30 busetas por ruta, que realizan un recorrido de 30 Kms.

2. Cada 3-5 minutos.
3. 5 minutos.
4. 40 pasajeros, y se realizan 7 recorridos.
5. Se realiza un acuerdo de entrega, de acuerdo al turno que maneje cada conductor y al día.
6. Si no se cumple el acuerdo el conductor debe responder y completar la entrega.
7. Algunas busetas si poseen sensor de pasajeros.
8. Si la buseta posee sensor de pasajeros, entonces el acuerdo es dependiendo de los pasajeros que se registren.

- Ermita - Cali

1. 25-40 busetas por ruta, que realizan un recorrido de 35 Kms.
2. Cada 2-5 minutos, como máximo.
3. 8 minutos.
4. 40-50 pasajeros, se logran realizar 5-7 recorridos por día dependiendo de muchas causas externas, fallas mecánicas, paradas en la estación de gasolina.
5. Acuerdo por recorrido.
6. No hay sanciones.
7. Algunas rutas poseen sensor.
8. No sabría decir.

- Pance - Cali

1. En promedio de 15-20 busetas por ruta, que realizan un recorrido de 40 Kms ó 35 dependiendo de la ruta.
2. Cada 5-7 minutos.
3. 4 minutos.
4. 30-45 pasajeros, dependiendo de la buseta, de igual manera si son busetas pequeñas se realizan 7 recorridos, y si son grandes 5 recorridos.
5. Se realiza un acuerdo que se relaciona con que si la buseta tiene sensor ó no. Si tiene, la entrega es de acuerdo al número de pasajeros que el mecanismo registre por recorrido. Si no tiene sensor se realiza un acuerdo de entrega por recorrido.
6. No, no existe ninguna sanción al conductor.
7. Si la mayoría de busetas poseen sensor de pasajeros y otras ya se lo están implementando.
8. No ninguna estadística adicional.

- Recreativos - Cali

1. 10-12 busetas por ruta, que realizan un recorrido de 40 Kms.
2. Cada 7 minutos.

3. 7 minutos.
4. 45 pasajeros en promedio, de y unos 5 recorridos diarios..
5. Se realiza un acuerdo que se relaciona con que si la buseta tiene sensor ó no. Si tiene, la entrega es de acuerdo al número de pasajeros que el mecanismo registre por recorrido. Si no tiene sensor se realiza un acuerdo de entrega por recorrido.
6. No, no existe ninguna sanción al conductor.
7. Si la mayoría de busetas poseen sensor de pasajeros y otras ya se lo están implementando.
8. No ninguna estadística adicional.